

**UNIVERSITAT DE LLEIDA**

**TRABAJO FINAL DE GRADO**

**FACULTAD DE ENFERMERÍA Y FISIOTERAPIA  
GRADO EN FISIOTERAPIA**

Doble titulació: Grau en Fisioteràpia i Ciències de l'activitat física i de l'esport

“Protocolo de prevención secundaria para la reducción de la incidencia de lesiones recurrentes de ligamento Cruzado Anterior en jugadoras de baloncesto”

“Secondary prevention protocol to reduce the incidence of recurrent Anterior Cruciate Ligament injuries in female basketball players”

Realizado por: PABLO ALEJOS ALBESA

Tutora: ANNA BONET ORDERIZ

2019-2020

18-MAYO-2020

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecer a Anna Bonet, que desde el primer momento me apoyó y me motivó a seguir con mi idea inicial pese a ser “otro trabajo de LCA”, juntos supimos darle un giro de tuerca y tratar de plantearnos esta lesión desde otro punto de vista. Agradecer también a Marta Mayol, fisioterapeuta de FC Barcelona, que durante mis prácticas V me dio la idea y me permitió tratar y hablar a varias jugadoras de baloncesto sobre sus lesiones, como no, de LCA. Gracias a Aida Monge, que me demostró que además de fisioterapia deportiva existe algo más, una fisioterapia incluso más grande y valiosa. Gracias a todos los profesores de la facultad, por guiarnos y enseñarnos todo lo que sabemos, pese a no ser siempre fácil.

Agradecer a la ciudad de Lleida, desde el primer día nos acogió como si fuéramos auténticos Lleidatans y nos ha dejado llamarle casa durante estos 5 años. Gracias a sus bares y su gente, a los *colegas* de clase, de piso y de la Vila, con nuestros más y nuestros menos, todos ellos han sido inolvidables. Gracias a mis amigos de siempre, que me han apoyado, animado y sacado una sonrisa cuando más lo necesitaba. Gracias a mis compañeros y entrenadores de baloncesto, a todos, con ellos comenzó mi aventura en el deporte y con ellos aprendí ya desde pequeño conceptos básicos de entrenamiento, fisioterapia y nutrición.

No me olvido de mi familia, tanto de la Alcañizana como de la Fuentespaldina, donde siempre, desde pequeño, me describieron como el *terremoto* de la familia y me enseñaron a utilizar el deporte como una forma de escape en el inicio, y una oportunidad en el futuro.

Gracias a mi abuela, ya que de una forma u otra tus vivencias, consejos y reprimendas me han servido para convertirme en quien soy ahora, y de lo que estoy seguro, es que sin ti nada de esto hubiera sido posible. Gracias a mis padres, gracias por hacerme crecer, por vuestros esfuerzos y sacrificios, no siempre estaremos de acuerdo pero sé que siempre podré contar con vosotros.

Y por último, agradecer a mi hermana, gracias a tu LCA, que me permitió tener un caso clínico real, no en una, sino en dos ocasiones. Ella ha sido mi motivación durante todas estas páginas, este trabajo va por ti.

A fin de cuentas, gracias profesores, amigos y familia, gracias por todo lo que hacéis que me ayuda a ser como soy. Muchas, muchísimas gracias.

Pablo



## ÍNDIX

LISTADO DE TABLAS .....	2
LISTADO DE FIGURAS .....	3
LISTADO DE ACRÓNIMOS .....	3
1. RESUMEN .....	4
2. ABSTRACT .....	5
3. INTRODUCCIÓN .....	6
3.1. ANATOMÍA .....	7
3.2. BIOMECÁNICA .....	9
3.3. MECANISMO LESIONAL .....	9
3.4. DIFERENCIAS INTERGÉNERO .....	10
3.5. DISCIPLINA DEPORTIVA ESCOGIDA .....	14
3.6. PLANTEAMIENTO DE LA INTERVENCIÓN QUIRÚRGICA .....	15
3.7. PROCESO DE LIGAMENTIZACIÓN .....	15
3.8. EVITAR LA RECIDIVA .....	16
3.9. PROTOCOLO DE INTERVENCIÓN .....	17
3.10. EDAD DE LA POBLACIÓN DIANA .....	19
4. JUSTIFICACIÓN .....	21
5. HIPÓTESIS .....	23
5.1. Hipótesis de investigación .....	23
6. OBJETIVOS .....	23
6.1. GENERAL .....	23
6.2. ESPECÍFICO .....	23
7. METODOLOGÍA .....	24
7.1. DISEÑO DE LA INTERVENCIÓN .....	24
7.2. SUJETOS DE ESTUDIO .....	24
7.2.1. Criterios de inclusión .....	27
7.2.2. Criterios de exclusión .....	27
7.3. VARIABLES DE ESTUDIO Y VALORACIÓN .....	28
7.4. PLAN DE INTERVENCIÓN .....	30
7.4.1. Grupo control .....	30
7.4.2. Grupo experimental .....	31
7.5. MANEJO DE LA INFORMACIÓN Y RECOGIDA DE DATOS .....	39



7.6.	GENERALIZACIÓN Y APLICABILIDAD.....	40
7.7.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	41
8.	CALENDARIO PREVISTO.....	42
8.1.	FASE PREVIA.....	43
8.2.	OBTENCIÓN DE LA MUESTRA, INTERVENCION Y RECOGIDA DE DATOS 44	
8.3.	ANÁLISIS DE DATOS, RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....	44
9.	LIMITACIONES Y POSIBLES SESGOS .....	45
10.	PROBLEMAS ÉTICOS.....	47
11.	ORGANIZACIÓN DEL ESTUDIO.....	48
12.	PRESUPUESTO.....	50
13.	BIBLIOGRAFÍA.....	51
14.	ANEXOS.....	56

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1	Cuestionario del protocolo de prevención secundaria para la aceptación o descarte de las jugadoras.....	25
Tabla 2	Clasificación de las variables dependientes y descriptivas utilizadas .....	30
Tabla 3	Protocolo de ejercicios de prevención para la rotura recurrente de LCA .....	32
Tabla 4	Calendario de intervención 1ª Fase, meses 1, 2 y 3 (ejercicios a realizar) .....	35
Tabla 5	Calendario de intervención 2ª Fase, meses 4, 5, 6 y 7 (ejercicios a realizar).....	36
Tabla 6	Ficha descripción y pautas de ejercicio N1 .....	37
Tabla 7	Ficha descripción y pautas de ejercicio N2 .....	37
Tabla 8	Ficha descripción y pautas de ejercicio P1.....	38
Tabla 9	Ficha descripción y pautas de ejercicio P2.....	38
Tabla 10	Ficha descripción y pautas de ejercicio C1 .....	38
Tabla 11	Ficha descripción y pautas de ejercicio C2 .....	39
Tabla 13	Presupuesto estimado.....	50



## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Irrigación sanguínea articulación femorotibial derecha, vista frontal <sup>(5)</sup> . ....	7
Figura 2 Situación anatómica LCA y sus 2 haces, anteromedial y anterolateral, vista lateral (extensión y flexión) <sup>(10)</sup> .....	8
Figura 3 Situación anatómica LCA vista frontal, articulación femorotibial derecha <sup>(7)</sup> .....	8
Figura 4 Movimientos acentuados por la pendiente tibial posterior <sup>(3)</sup> .....	11
Figura 5 Comparación gestos y rotaciones anatómicas (izquierda) Vs patológicas (derecha) asociados a mayor riesgo de rotura <sup>(3)</sup> .....	13
Figura 6 Porcentaje de anormalidades en el ligamento, asociado al envejecimiento, ordenado por grupos edad <sup>(41)</sup> .....	20
Figura 7 Utilización del modo aleatorio (=ALEATORIO) Microsoft Excel.....	27
Figura 8 Calendario previsto para la intervención. ....	43

## LISTADO DE ACRÓNIMOS

- UdL: Universidad de Lleida
- LCA = ACL: Ligamento Cruzado Anterior = Anterior Cruciate Ligament
- LCP = PCL: Ligamento Cruzado Posterior = Posterior Cruciate Ligament
- LLI: Ligamento Lateral Interno
- LLE: Ligamento Lateral Externo
- NCAA: National Collegiate Athletic Association
- EIAS: Espina Iliaca AnteroSuperior
- RMN: Resonancia Magnética Nuclear
- EEII: Extremidades Inferiores
- IQ: Intervención Quirúrgica
- DP: Drop Jump
- DPT: Drop Jump Test
- ECCA: Ensayo Clínico Controlado Aleatorizado
- FAB: Federación Aragonesa de Baloncesto



## 1. RESUMEN

**Pregunta clínica de investigación:** ¿existe una reducción de la lesión recurrente de ligamento cruzado anterior en jugadoras de baloncesto mediante el cumplimiento de un protocolo combinado de entrenamiento de control neuromuscular, ejercicios pliométricos y trabajo del core?

**Objetivo:** verificar que el entrenamiento de control neuromuscular, ejercicios pliométricos y trabajo del core disminuye el número de lesiones recurrentes del Ligamento Cruzado Anterior en jugadoras de baloncesto femenino.

**Diseño y método:** se llevará a cabo un ensayo clínico controlado aleatorizado de tipo experimental con ciego por terceros. La muestra se obtendrá a partir de jugadoras amateur de baloncesto de la 1ª división aragonesa femenina que hayan sufrido una lesión previa de LCA, y se formarán aleatoriamente un grupo control (n=119) y un grupo experimental (n=119). El primero de los grupos continuará con sus entrenamientos habituales, mientras que el grupo experimental llevará a cabo un protocolo combinado de entrenamiento de control neuromuscular, ejercicios pliométricos y trabajo del core de 20-25' de duración 3 días a la semana. Para evaluar los resultados las jugadoras serán sometidas al "Drop Jump Test" de forma inicial, media y final al tratamiento, en él valoraremos los ángulos de flexión y valgo de rodilla y de rotación de cadera.

**Palabras clave:** "Ligamento Cruzado Anterior", "prevención", "recidiva", "jugadoras baloncesto", "Drop Jump Test"



## 2. ABSTRACT

**Research clinic question:** is there a reduction in the recurrent anterior cruciate ligament injury in female basketball players by achieving a combined protocol of neuromuscular control training, plyometric exercises and core work?

**Objective:** Verifying that the neuromuscular control training, plyometric exercises and core work decreases the number of recurrent injuries of the anterior cruciate ligament in female basketball players.

**Design and Methodology:** A blind randomized experimental clinical trial will be carried out. Samples will be obtained from the 1st Aragonese women's basketball division who had suffered from a previous ACL injury. A control group ( $n = 119$ ) and an experimental group ( $n = 119$ ) will be randomly created. The first group players will continue with their usual training, while the experimental group will carry out a combined protocol of neuromuscular control training, plyometric exercises and core work of 20-25' duration, 3 days a week. To evaluate the results, the female players will perform the "Drop Jump Test" at the beginning, middle and end of the treatment. From that, we will assess knee flexion and valgus angles and hip rotation angles.

**Key words:** "Anterior Cruciate Ligament", "Prevention", "relapse", "female basketball players", "Drop Jump Test"



### 3. INTRODUCCIÓN

¿Cuál es la peor lesión para un deportista? Seguramente haya muchas respuestas a esta pregunta, un traumatismo craneoencefálico, una luxación de codo, una rotura del tendón de Aquiles, una fractura de tibia y peroné o quizá la famosa triada. Sea como sea, seguro que se te viene a la mente la rotura del ligamento cruzado anterior (LCA o ACL, en inglés) de la rodilla. Según la estadística, si practicas un deporte de contacto es probable que hayas sufrido una lesión de este tipo y si no es así, casi seguro que conoces a alguien que sí. Posiblemente dentro del mundo de la fisioterapia el LCA sea el complejo anatómico más estudiado, y no es casualidad, ya que muchos estudios reportan que esta lesión (primaria o recurrente) provoca una alta finalización de carrera deportiva. Un artículo basado en jugadores de baloncesto profesional informó de que sólo un 86,1% de los lesionados por LCA volvían a jugar de nuevo en la NBA, y todos sufrieron una pérdida de rendimiento en el juego, ya que, de media, participaron en 15,5 partidos menos por temporada y su *rating efficiency* se vio reducido en 2,35 puntos<sup>(1)</sup>. El mismo estudio realizado en jugadoras profesionales demostró como sólo un 78% de las jugadoras retomaron su carrera en la WNBA, viendo como sus estadísticas de tiros anotados y robos por partido se veían significativamente reducidos<sup>(2)</sup>.

Pese a ser una lesión muy común en todos los deportes, encontramos una mayor incidencia en deportes de contacto como fútbol, baloncesto, lucha, balonmano, fútbol americano o lacrosse. Se calcula que en estados unidos se producen de 100.000 a 250.000 intervenciones quirúrgicas de LCA, lo que económicamente supone entre 1.000 y 2.000 millones de dólares<sup>(3)</sup>. Como otras muchas lesiones, encontramos diferencias en cuanto a género y edad. Por este motivo mi elección será el **baloncesto femenino**, un deporte que me encanta y que he practicado desde siempre, lo enfocaré al género femenino ya que, por desgracia, sufren un mayor porcentaje de roturas de LCA.

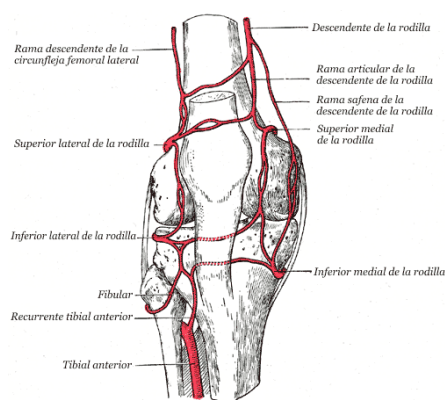
Según los estudios los deportistas que han sufrido una lesión de LCA tienen una alta probabilidad de recaída tanto en la rodilla operada como en la contralateral, estos datos todavía son más alarmantes cuando tratamos con deportistas jóvenes<sup>(4)</sup>. Estamos hablando de que el riesgo es un 23% mayor que un jugador que nunca ha sufrido dicha lesión (10% la ipsilateral y un 13% la contralateral). Mi protocolo de intervención buscará precisamente evitar las roturas recurrentes de LCA, propondré un plan de intervención basado en la evidencia que tenga como objetivo reducir la incidencia de rotura recurrente de LCA en baloncesto femenino.



### 3.1. ANATOMÍA

Pero no nos adelantemos, antes de nada deberemos saber de lo que estamos hablando, dónde se sitúa este famoso ligamento, cuál es su función y por qué motivo se lesiona tan a menudo. El LCA es una estructura clave en la articulación de la rodilla, resiste la translación tibial anterior, así como las cargas de rotación. Aparece a las 6,5 semanas de gestación, se trata de un cordón irregular en forma de banda compuesta de tejido conectivo denso, la sección transversal varía en función de los grados de flexión, el grosor aumenta de 34 a 42mm<sup>2</sup> en su trayecto del fémur a la tibia. Se trata de una banda interarticular pero extrasinovial, está compuesta por múltiples fascículos incrustados de tejido conectivo. La estructura fascicular está compuesta fundamentalmente de colágeno tipo I<sup>(5)</sup>. En la estructura fibrilar de colágeno encontramos a su vez fibras de oxitalan (fibra orgánica, similar a la elástica), que soportan tensiones multidireccionales y fibras elásticas que absorben la tensión máxima recurrente<sup>(6)</sup>. Se ha observado que las diferentes secciones del ligamento no son uniformes en todo su recorrido, además de fibroblastos en forma de huso, encontramos células similares a los condrocitos formadas por colágeno tipo II. Por su parte, la región próxima a la inserción tibial está compuesta por tejido cartilaginoso, es esta zona del ligamento la que más se vea afectada por el imparto fisiológico, movimientos de cizalla intermitente y esfuerzos de compresión parecen ser los mecanismos responsables de la proliferación de este tejido cartilaginoso<sup>(7)</sup>. Si nos fijamos en el punto de unión podemos distinguir cuatro capas diferentes: fibras de ligamento, cartílago no mineralizado, cartílago mineralizado y placa ósea subcondral. La transición microestructural del ligamento al hueso permite un cambio gradual en la rigidez y evita que el estrés se acumule en los sitios de unión<sup>(8)</sup>.

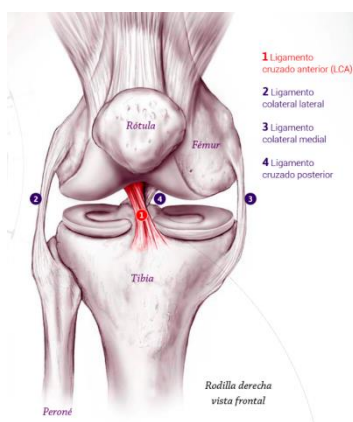
Otro rasgo a tener en cuenta del LCA es la vascularización y la innervación, el suplemento de



**Figura 1 Irrigación sanguínea articulación femorotibial derecha, vista frontal<sup>(5)</sup>.**

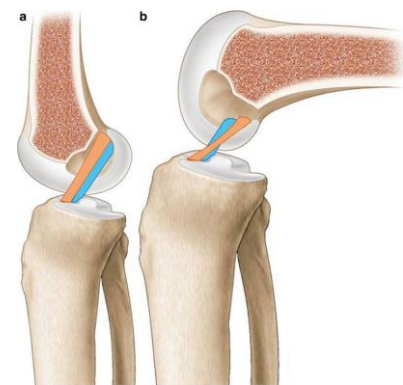
sangre proviene de la arteria genicular media (una ramificación medial de la arteria poplítea), además la parte más distal del ligamento también recibe algunas ramas de las arterias media y lateral inferior. El flujo sanguíneo no es homogéneo, la parte proximal recibe una mayor cantidad de sangre, mientras que la región fibrocartilaginosa y la unión al hueso subcondral es avascular<sup>(5)</sup>. El LCA se encuentra innervado mediante las raíces posteriores del nervio tibial posterior, se infiltran en la cápsula posteriormente y recorren los vasos

periligamentosos. El LCA humano es un tejido extremadamente innervado y el tejido neural constituye el 1% de su área. Estudios han mostrado la presencia de mecanorreceptores bajo la membrana sinovial en la superficie del ligamento. Estos receptores específicos son sensibles a diferentes estímulos ocasionados en la rodilla: los receptores de adaptación lenta como los de Ruffini y los órganos tendinosos de Golgi detectan cambios en el movimiento, la posición y el alguno de rotación de la articulación. Por su parte los receptores de Vater-Pacini, de adaptación rápida son sensibles a cambios de tensión en el ligamento, además encontramos terminaciones nerviosas libres que se encargan de la detección del dolor y se cree que tienen efectos moduladores al liberar neuropéptidos con control vasomotor<sup>(9)</sup>.



**Figura 3 Situación anatómica LCA vista frontal, articulación femorotibial derecha<sup>(7)</sup>.**

Como todos los ligamentos, el LCA une 2 huesos generando estabilidad a la articulación de la rodilla. En su parte proximal su origen se sitúa en la parte posterior de la superficie interna del cóndilo femoral lateral y tiene una forma de semicírculo dispuesto verticalmente. Desde este punto de unión el ligamento dibuja un trayecto anterior y medial hacia la tibia, concretamente a una fosa ubicada anterior y lateral a la columna tibial anterior. Muy cerca de su unión, el LCA posee una cantidad variable de fibras hacia el ligamento intrameniscal anterior y hacia el menisco anterior. Por este motivo la inserción tibial del LCA es más ancho y fuerte que la femoral<sup>(7,9)</sup>. Algunos estudios apunta que el LCA está formado por 2 haces funcionales, el anteromedial (AM) y el posterolateral (PL), sin embargo encontramos desacuerdos entre investigadores, ya que numerosos escritos apuntan a una ausencia de haces<sup>(10)</sup>, o incluso la existencia de un tercer haz funcional, el intermedio<sup>(11)</sup>.



**Figura 2 Situación anatómica LCA y sus 2 haces, anteromedial y anterolateral, vista lateral (extensión y flexión)<sup>(10)</sup>.**



### 3.2. BIOMECÁNICA

En cuanto a la biomecánica, un factor a tener muy en cuenta para cómo se comporta y entender el mecanismo lesional. Como he comentado el LCA previene la translación tibial anterior, evitando así la hiperextensión de rodilla y mejorando la estabilidad general de la articulación durante la locomoción. También, aunque en menor medida este ligamento aporta resistencia a las rotaciones interna y externa de rodilla<sup>(12)</sup>. Con la rodilla en extensión, los fascículos del LCA se extienden, durante la flexión hay una ligera rotación lateral del ligamento en su conjunto alrededor de su eje longitudinal, podemos decir que el ligamento se enrolla sobre sí mismo. El LCA proporciona una restricción promedio del 82-89% a la carga anterior aplicada a 30° de flexión de rodilla, pero disminuye a 74-85% a los 90°. Se ha demostrado que la tensión del LCA aumenta ante una fuerza de tracción anterior fija, a medida que la rodilla se va flexionando de 20° a 90°. De forma secundaria, sabemos que tiene una función restrictiva a la rotación interna, potenciada cuando la rodilla se encuentra próxima a la extensión completa. Así mismo, este ligamento funciona como una restricción secundaria menor a la rotación externa y la angulación varo-valgo, particularmente en condiciones de carga<sup>(12)</sup>.

### 3.3. MECANISMO LESIONAL

El LCA tiene unas propiedades estructurales únicas, que le permiten soportar cargas muy elevadas, en sujetos jóvenes (22-35 años) la carga máxima soportable fue de 2.160N. Sin embargo, estos datos disminuyen significativamente con la edad, a los 60-97 años solo es capaz de soportar 658N<sup>(11)</sup>. Entonces, ¿cómo puede ser que su rotura sea tan recurrente? La rotura se produce cuando la activación de la musculatura no logra una correcta estabilización de la articulación, se produce un aumento de las cargas y el consecuente fallo en los sistemas de activación pasivos. La lesión de LCA, como todas las demás, puede clasificarse en 2 tipos, de contacto o directa y sin contacto o indirecta, en la mayoría de las ocasiones se produce en circunstancias de no contacto. En un reciente estudio realizado en la NCAA (National Collegiate Athletic Association), se determinó que en el sexo masculino el 60% de las lesiones se producía sin contacto, mientras que el sexo femenino el porcentaje disminuía hasta el 46%. En otros estudios realizados en población general se determinaba que el porcentaje de lesión en situación de no contacto era del 80%<sup>(13)</sup>. Encontramos diferentes mecanismos lesionales:



- Autolesión: en el aterrizaje de un salto (con pierna en extensión completa), en los cambios de velocidad y de dirección bruscos (desaceleración-recorte-cambio de dirección-salida lateral), siempre con la tibia fijada en el suelo lo que provoca el movimiento de valgo más rotación interna aumento de tensión del ligamento, Se calcula que esto sucede en los primeros 30 a 50 milisegundos desde el contacto con el suelo. El papel del cuádriceps es fundamental, su reflejo de contracción desplaza la tibia hacia delante rompiendo el ligamento<sup>(14)</sup>.
- Con menor frecuencia, se produce la rotura asociada a un traumatismo directo en la cara lateral de la rodilla mientras el pie está apoyado en el suelo, fuerza el valgo y la hiperextensión de la misma.

Una vez sufrido un mecanismo lesional de este tipo, la hemartrosis aguda se desarrolla en varias horas en un 70% de los casos. La incapacidad funcional severa e inmediata se observa en más del 85% de los pacientes, con restricción del rango de movilidad o dolor al movilizar en el 94% de los casos. Sin embargo, la posibilidad de continuar con la práctica del deporte, no excluye el diagnóstico de lesión aguda del LCA<sup>(15)</sup>.

### **3.4. DIFERENCIAS INTERGÉNERO**

Una vez que explicada la anatomía, la biomecánica y el mecanismo lesional del ligamento deberemos saber porque enfoco este trabajo al género femenino. Es bien sabido que el porcentaje de roturas el LCA en chicas es más elevado que en chicos pero, ¿a qué se deben estas diferencias?

De forma general las mujeres se ven afectadas 3 veces más por roturas de LCA, y estas diferencias varían en función de los deportes practicados. En deportes como el esquí no se ven diferencias por género, en fútbol sufren 2,67 lesiones más, en baloncesto 3,5 y en deportes como lucha un 4,05 más<sup>(3)</sup>. Teniendo estos datos muchos investigadores intentaron descubrir el motivo de este fenómeno y por ello encontramos numerosa información de estas diferencias. Los factores de riesgo pueden dividirse en 2, en primer lugar, los factores de riesgo extrínsecos, es decir, que no sean propios al sujeto, sino que estén asociados a causas externas. El deporte practicado sería uno de estos factores, y ya sabemos que en el baloncesto hay un 3,5 veces más de riesgo en chicas que en chicos. Otro factor de riesgo sería el tipo de superficie, un estudio noruego en balonmano determinó que el riesgo de lesión en suelos artificiales era de 2,4 veces mayor que en suelos naturales. Además aseguró que los climas



más secos aumentaban las diferencias de lesiones intergénero<sup>(16)</sup>. En segundo lugar hablaremos de factores de riesgo intrínsecos, estos sí están asociados al propio sujeto.

- **Ángulo Q:** es el formado por una línea que va desde la Espina Ilíaca Anterosuperior (EIAS) al centro de la rótula y la línea que va desde el centro de la rótula hasta la tuberosidad anterior de la tibia, es utilizado para medir el alineamiento de la rodilla. De forma estándar el ángulo en sujetos sanos es de  $14,4^\circ$  en hombres y de  $18,4^\circ$  en mujeres. No se encuentran diferencias significativas en función de la estatura de los sujetos, pero sí que se ve más acentuado en sujetos con obesidad y sobrepeso<sup>(17)</sup>. Es decir, encontramos que en posición supina el ángulo en mujeres es  $2.7^\circ$ - $5.8^\circ$  mayor y en posición de bipedestación  $3.4^\circ$ - $4.9^\circ$  mayor. Esto provoca que el LCA se encuentre más tenso y dirigido hacia medial, en una posición más propensa a la rotura.
- **Muesca intercondilea:** estudios han encontrado que las mujeres tienen un ancho de muesca intercondilea 17.1% menor, y un 5,4% más de estenosis porcentual que los hombres<sup>(18)</sup>.
- **Tamaño de LCA:** una comparativa entre sujetos masculinos y femeninos dio como resultado que a igual condición de altura y peso, las mujeres tenían un ligamento más corto y de menor grosor. Como consecuencia a una menor muesca intercondilea tenían un área de sección transversal de menor diámetro<sup>(3)</sup>. Esto se encuentra en discusión en muchos artículos.
- **Pendiente tibial:** en los últimos años se ha aumentado el énfasis en la geometría de la tibia proximal en la función y fallos del LCA. Un incremento en la pendiente tibial posterior (PTP) posiciona a la tibia anteriormente respecto al fémur durante la contracción de cuádriceps, lo que aumenta la tensión del ligamento<sup>(3)</sup>. En un estudio<sup>(19)</sup> se encontró que la PTP en chicas lesionadas era mayor que la chicas pertenecientes al grupo control, ausentes de lesión. Además las chicas lesionadas tenían una PTP mayor que los chicos lesionados. Otros estudios optaron por analizar la pendiente tibial lateral posterior (PTLp) y pendiente tibial medial posterior (PTMp). Terauchi<sup>(20)</sup> observó que un PTMp era significativamente más grande en chicas con déficit en LCA en comparación al grupo control ausente de lesión ( $10.9^\circ$  y  $8.2^\circ$ , respectivamente;

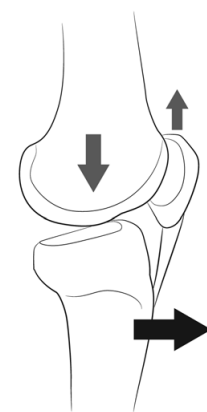


Figura 4 Movimientos acentuados por la pendiente tibial posterior<sup>(3)</sup>



$P=0.003$ ). Se ha observado la presencia de un PTLp alto combinado con una tibia medial superficial en el 75% de la población con lesiones de LCA.

- **Factores hormonales:** siempre se ha dicho que las hormonas tienen una función trascendental en la prevención o facilitación de las lesiones. Estudios han mostrado que los hombres entre 18-24 años poseen receptores andrógenos lo que supone una protección potencial ante una lesión de LCA. Las mujeres por su parte sufren variaciones hormonales durante el ciclo menstrual. Por este motivo este ciclo ha sido muy estudiado desde el punto de vista hormonal. Se diferencian 3 fases: folicular (días 1 al 9) con bajos niveles de progesterona y estrógenos, ovulatoria (días 15 al 28) con aumento de estrógenos, lutea (días 10 al 14) con aumento de progesterona y posterior de relaxina<sup>(3)</sup>. Una vez conocidas las 3 fases que componen el ciclo menstrual y su déficit o superávit hormonal podemos entender los resultados del siguiente meta-análisis. Zazulak et al encontraron un aumento de la laxitud de rodilla durante la fase ovulatoria y mucho menos en la fase folicular. Sin embargo y aunque parezca curioso el número de lesiones fue superior en la fase folicular cuando los ligamentos se encontraban más rígidos<sup>(21)</sup>. Por su parte, Beynnon et al<sup>(22)</sup> informaron de que esquiadoras en fase pre-ovulatoria tenían 3.22 más posibilidades de sufrir una lesión de LCA que en la fase post-ovulatoria. Sin embargo todos estos datos no son suficientes para sacar conclusiones 100% claras.
- **Factores biomecánicos y neuromusculares:** además de las mediciones estáticas como las anteriores, encontramos mediciones dinámicas que simulan y predicen la alineación de la rodilla en movimientos potencialmente lesivos. Las mujeres tienen mayor proporción de masa y de reclutamiento cuádriceps-isquiotibiales. Los isquiotibiales responden al reflejo de estiramiento del LCA, por lo tanto una debilidad de cuádriceps condicional el riesgo de sufrir una rotura. Como he dicho este mayor patrón de reclutamiento de bíceps femoral y cuádriceps en mujeres puede conducir a un mayor abducción<sup>(3)</sup>. Una forma sencilla de analizar estas diferencias intergénero es mediante la grabación de videos de aterrizajes (drop jump) a cámara lenta. Las mujeres aterrizan en una posición más erguida lo que provoca un mayor riesgo de translación tibial anterior. También se observa una posición de rotación externa de tibia por un aumento en la laxitud de rodilla. Estas asimetrías dan lugar a un mayor riesgo de lesión.

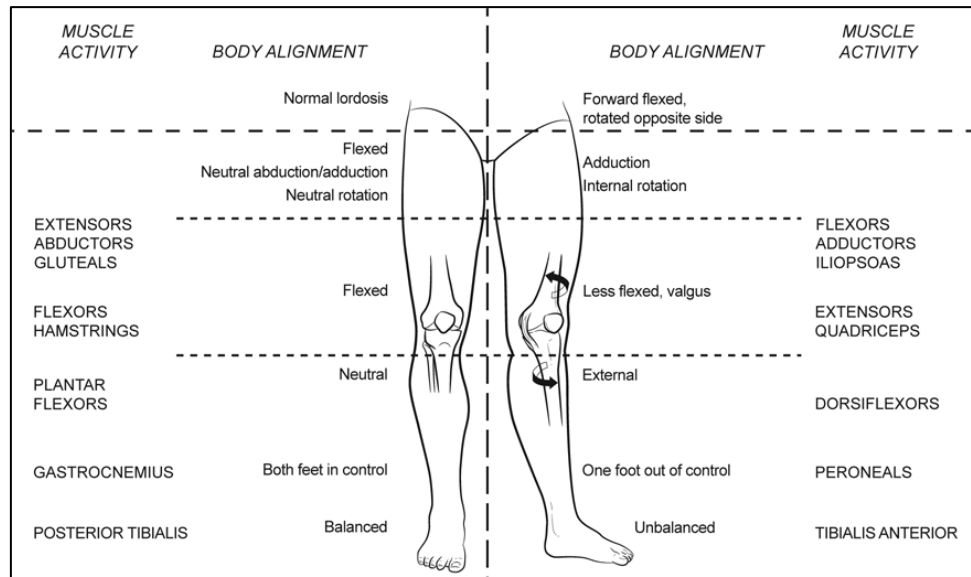


Figura 5 Comparación gestos y rotaciones anatómicas (izquierda) Vs patológicas (derecha) asociados a mayor riesgo de rotura<sup>(3)</sup>

- **Factores cinemáticos:** un estudio de Hewert et al<sup>(23)</sup> analizó a 205 atletas en deportes de riesgo para rotura de LCA. Se analizaron a todas las jugadoras en pretemporada realizando un drop jump, durante la temporada hubo 9 roturas (7 baloncesto y 2 en fútbol). Analizando los resultados obtenidos se observó que:
  - o Las atletas lesionadas tenían un ángulo de abducción de rodillas 8.4° mayor en el contacto inicial
  - o 2.5 veces mayores momentos de abducción de rodilla
  - o Fuerzas de reacción al contactar con el suelo 20% más lentas
  - o Y un tiempo de mantenimiento de postura 16% más corto

Este estudio quiso demostrar que la lesiones de LCA en mujeres son predecibles con un 73% de sensibilidad y un 78% de especificidad.

- **Predisposición genética:** como otras muchas disfunciones se quiso estudiar si las causas genéticas iban asociadas a un mayor riesgo de lesión. Un estudio aplicado a gemelos sugirió que existía una predisposición genética, manifestada con un desequilibrio neuromuscular y una disminución de la estabilidad dinámica. Otros estudios estudiaron los genotipos de colágeno (CAL 5A1: modifican la cadena  $\alpha 1$  de colágeno tipo V). En mujeres existe un bajo nivel de este genotipo (tanto en lesionadas como en no lesionadas). El genotipo TT estaba sobrerrepresentado en las participantes con antecedentes familiares de lesión ligamentosa. Sin embargo es muy prematuro vincular estos hallazgos con el riesgo de rotura sin tener en cuenta todos los demás factores explicados<sup>(3)</sup>.





Es muy importante conocer las diferencias intergénero, por suerte cada vez son más las mujeres que practican deporte ya sea de forma amateur como profesional. Entender las diferencias y riesgos asociados al género nos permitirá individualizar tanto tratamientos como entrenamientos, estrategias de prevención y evitar el máximo número de factores de riesgo<sup>(3)</sup>.

### **3.5. DISCIPLINA DEPORTIVA ESCOGIDA**

El baloncesto es uno de los deportes más practicados en todo el mundo, se calcula que el mundo tiene alrededor de 450 millones de participantes, en Australia 1.8 millones<sup>(24)</sup>. El baloncesto es un deporte colectivo, se considera un deporte de contacto ya que ambos equipos comparten el mismo espacio, sus movimientos son complejos, combinan saltos, giros, cambios de dirección y de ritmo, que causan frecuentes lesiones musculoesqueléticas en todo el cuerpo<sup>(25)</sup>. Un estudio epidemiológico realizado en Australia desde el 2000 al 2004 reportó 5090 lesiones asociadas a la práctica del baloncesto, el 28.5% fueron mujeres con una edad media de 22.2 años. Las lesiones más frecuentes tienen lugar en rodilla y pierna (22.9%-28.6%), de estas lesiones el 5.3% fueron roturas del LCA en hombres y el 11% en mujeres<sup>(24)</sup>. Una revisión sistemática más reciente basada en las lesiones más comunes del baloncesto dio los siguientes resultados. El 63.7% de las lesiones se dan en las extremidades inferiores (EEII), el tobillo es la zona del cuerpo más sensible a sufrir la lesión con un 21.9%, mientras que la rodilla un 17.8%. Los jóvenes y adolescentes son más propensos a sufrir lesiones de EEII, una vez que la edad avanza van ganando importancia las lesiones de tronco y de la columna<sup>(25)</sup>.

¿Por qué motivo he escogido la lesión de LCA en lugar de lesiones de tobillo si son más frecuentes en mi deporte? La respuesta es sencilla, se trata del tiempo de recuperación y las consecuencias que tienen para los atletas. Un estudio prospectivo del 2017 a 9 años sobre los esguinces de tobillo dio como resultado que estas lesiones ocurrían 13.2 veces más en partidos Vs en entrenamientos. Además el tiempo de recuperación medio era de 21.8 días (IC 95% 16.6-28.2). Y el hecho de haber sufrido un esguince previo solo aumenta en un 3.2 (IC 95% 1.5-6.8) veces la posibilidad de sufrir uno nuevo<sup>(26)</sup>. Por su parte otro estudio prospectivo del 2016 a 15 años sobre las lesiones de LCA en fútbol profesional<sup>(27)</sup> mostró que había 20 veces más riesgo de sufrir la lesión en partido Vs entrenamiento, y que la media de recuperación era de 6.6 meses para volver con el grupo de forma progresiva y de 7.4 meses para volver a competir. Sin embargo la mayoría de los estudios recomienda de 7 a 9 meses, de forma conservadora prefieren aproximarse a los 9, además muchos clubs prefieren imponer un tiempo de recuperación de 1 año para asegurar que el deportista llega totalmente recuperado.





Un dato importante de este estudio fue que 3 años más tarde el 85.8% de los deportistas que habían sufrido la lesión seguían jugando pero solo el 65% lo hacían en el mismo nivel previo a la lesión.

### **3.6. PLANTEAMIENTO DE LA INTERVENCIÓN QUIRÚRGICA**

Una vez confirmada la lesión de LCA mediante Resonancia Magnética Nuclea (RMN), deberá plantearse el mejor tratamiento:

- Tratamiento conservador que buscará de devolver estabilidad de rodilla mediante la potenciación de la musculatura implicada en los movimientos de rodilla (cuádriceps e isquiotibiales fundamentalmente)<sup>(28)</sup>.
- Tratamiento quirúrgico: La reconstrucción de del LCA se realiza mediante artroscopia, se utiliza un injerto de tendón o ligamento que se fija a las inserciones del fémur y la tibia mediante tornillos, tratando de recrear de la mejor forma posible al ligamento nativo. Generalmente se usan 3 tipos de injerto: propios del paciente (autotransplante), de un cadáver (alotransplante) o un sustituto sintético. El que mejor resultados da es sin duda el autotransplante, que se realiza escogiendo: fibras de tendón semitendinoso, del grácil, o del tendón rotuliano<sup>(29)</sup>.

La elección del tratamiento dependerá del sujeto, su edad y el estilo de vida. En deportistas o sujetos menores de 40-45 años se suele intervenir quirúrgicamente de manera automática, ya que existe riesgo de degeneración, osteoartritis. En sujetos en edad más avanzada y con un estilo de vida sedentario o de ligera actividad se puede optar por un tratamiento conservador, centrado en devolver la estabilidad de rodilla<sup>(28)</sup>.

### **3.7. PROCESO DE LIGAMENTIZACIÓN**

Este es un punto muy importante a tener en cuenta, ya que como he comentado los autoinjertos se realizan mediante el uso de tendones, y estos no se comportan ni tienen las mismas características que un ligamento. Este proceso es conocido como ligamentización y se da por concluido cuando dejan de observarse cambios histológicos en los injertos remodelados. Sin embargo la duración de este proceso está muy discutido<sup>(30)</sup>:

- Falconiero et al aseguran que su duración es de 12 meses<sup>(31)</sup>.
- Rougraff et al observan áreas de degeneración, neovascularidad e hiper celularidad hasta 3 años después de la reconstrucción<sup>(32)</sup>.
- Abe et al afirman que el injerto todavía está en proceso de remodelación al año después de la cirugía<sup>(33)</sup>.



- Sánchez et al los injertos alcanzan la madurez alrededor de los 2 años después de la cirugía<sup>(34)</sup>.

En esta revisión sistemática se estableció que el tiempo de ligamentización es de 1 año, a partir de este momento se considera que el ligamento tiene características idénticas al ligamento que ha sustituido<sup>(30)</sup>.

### 3.8. EVITAR LA RECIDIVA

Mi trabajo no tratará de evitar una rotura primaria de un LCA, mi idea va más allá. Se dice que un ciudadano, deportista o no que haya sufrido una rotura de LCA tiene muchas más posibilidades de sufrir una nueva lesión, ya sea en la misma rodilla o en la contralateral. Ahí es donde quiero establecer mi protocolo de prevención, ya que según los artículos una recidiva de una lesión de LCA tiene unas consecuencias mucho peores para el paciente, tanto a nivel físico, como psicológico. Difícilmente un deportista de élite será capaz de volver a su máximo nivel tras haber sufrido una doble rotura de LCA. La intervención quirúrgica es más agresiva, los tiempos de recuperación son mayores y la rehabilitación deberá ser más progresiva y conservadora para que jamás vuelva a recaer. En ocasiones la recomendación por parte del equipo médico es el abandono de la vida deportiva.

¿Pero de qué riesgo añadido estamos hablando realmente? Hay diferentes opiniones respecto a esta pregunta pero es bien seguro que el riesgo de recidiva es mayor al riesgo de una primera lesión. Un reciente artículo de la NCAA<sup>(13)</sup> observó que entre el periodo de 2004 a 2014 de las 1105 roturas de LCA 126 fueron recurrentes, es decir un 11,4% de las lesiones tuvieron en deportistas que ya habían sufrido una lesión previa de este tipo o lo que es lo mismo 1 de cada 9 operados vuelve a lesionarse. Os deportes que mayor recidiva tienen son el fútbol americano masculino (41%), el fútbol femenino (15%) y el baloncesto femenino (13%). Bien es cierto que la posibilidad de recaída es mayor en deportistas masculinos. Otro dato de este estudio a tener en cuenta es que 64 de las roturas de LCA en las baloncestistas femeninas tuvieron lugar en partido contra las 15 que sucedieron durante el entrenamiento. Además 29 lesiones fueron en pretemporada y 15 fueron durante la temporada regular.

Otro artículo basado en jóvenes atletas obtuvo las siguientes conclusiones<sup>(4)</sup>. Se realizó un meta-análisis para extraer resultado en cuanto al riesgo de recidiva. En la población genera se obtuvo un riesgo de recidiva del 15% (7% la rodilla ipsilateral y 8% la contralateral. Además se quiso ver si este riesgo variaba en función de la edad u otros factores, en jóvenes menos de 25 años el riesgo era del 21% y en atletas independientemente de la edad del 20%. Por ultimo



combinaron los resultados para determinar el riesgo de recaída en un atleta menor de 25 años y se obtuvo que el riesgo era de un 23% (10% la ipsilateral y un 13% la contralateral). Como podemos ver los resultados varían ligeramente respecto al otro artículo pero podemos seguir viendo como el riesgo es mayor que si de una lesión primaria se tratase.

También se han realizado artículos basados en población NO deportista. Los datos de estos artículos eran más positivos, según MOON (Multicenter Orthopedic Outcomes Network) hubo un 4.4% de roturas ipsilaterales y un 3.5% contralaterales. Además observaron que la recaída en alotrasplante (ligamento de cadáver) era 5.2 veces mayor, por ello, la mayor parte de los cirujanos recomiendan el autotrasplante tanto de tendón rotuliano como de isquiotibiales ya que no se han detectado diferencias significativas entre ambos. Otro dato significativo es que a más edad menor riesgo de rotura recurrente, y comentar que no detectaron diferencias por género, tabaquismo o rotura de menisco asociada<sup>(35)</sup>.

### 3.9. PROTOCOLO DE INTERVENCIÓN

Muchos autores consideran que al haber mayores riesgos intrínsecos (innatos) para la rotura de LCA en chicas, es razonable que el entrenamiento propioceptivo tenga un potencial mayor de reducción de lesiones en chicas versus en chicos<sup>(3)</sup>.

Un artículo que realizó un programa neuromuscular y propioceptivo en hombres demostró ser efectivo en un 88% el primer año y un 74% el segundo para lesiones recurrentes. Sin embargo y siendo contrario a la creencia habitual, el protocolo resultó ser más efectivo en sujetos masculinos.

Otro estudio<sup>(36)</sup> de 2010, corroborando la visión de muchos autores, demostró que el entrenamiento neuromuscular tuvo aproximadamente un ratio de eficacia del 50% en prevención de la lesión de LCA para aterrizajes y deportes como fútbol, baloncesto, vóley y balonmano para deportistas femeninas. Se trata de un entrenamiento del complejo sistema sensoriomotor. Este sistema incorpora todos los receptores y vías aferentes, el proceso de integración y de procesamiento central y las respuestas eferentes, con el objetivo de mantener la estabilidad funcional de la articulación durante los movimientos deportivos<sup>(37)</sup>.

Aterrizar, cambiar de dirección o saltar con aducción excesiva de cadera, rotación interna y / o hiperextensión de rodilla se producen la mayoría de las lesiones de ACL sin contacto. Una elevada aducción de cadera y el ángulo del valgo de rodilla al aterrizar predice el riesgo de lesión de ACL con una sensibilidad del 78% y una especificidad del 73%<sup>(38)</sup>. La duda que



viene ahora es, ¿cuál es el entrenamiento más eficaz para prevenir la lesión sin contacto de LCA? Una revisión sistemática de 2019 trató de resolver esta duda<sup>(39)</sup>. Los objetivos fueron reducir el valgo de rodilla y aumentar la flexión de rodilla al aterriza, en movimientos de cambio de dirección o en actividades de salto. Los programas más efectivos para este propósito fueron:

- Entrenamiento pliométrico: reduce el valgo de rodilla y aumenta la flexión de rodilla en aterrizaje
- Entrenamiento de control neuromuscular: similar al entrenamiento pliométrico, reduce el valgo y aumenta la flexión de rodilla. La eficacia de este entrenamiento obtuvo menores resultados.
- Entrenamiento de core: existe una gran controversia en cuanto a la eficacia de este entrenamiento cuando se aplica de forma separada. Algunos artículos asegura que el valgo se ve reducido, mientras que la flexión de rodilla no varía o lo hace de forma muy ligera.

Los autores de la revisión recomiendan la aplicación de un programa combinado de los 3 tipos de entrenamiento para conseguir una mayor efectividad. Los programas deberán ser realizados 2-3 veces por semana durante un plazo de 4-7 meses para lograr cambios deseables a nivel cinemático. Será muy importante la aplicación de un feedback verbal ya que se consiguen resultados de mejor efecto. La dificultad de este estudio reside en la variación de la terminología, ya que cada autor aplica un tipo de entrenamiento al mismo programa. Por ejemplo, un programa de entrenamiento neuromuscular es entendido para algunos como un aumento de la potencia y la fuerza de los músculos grandes tanto de zona inferior como superior del cuerpo, mientras que para otros se trata de un entrenamiento de control muscular en la realización de ejercicios sobre un plano inestable. Parece ser que el único entrenamiento que se realiza de manera sistemática es el entrenamiento pliométrico (saltos, drops, sentadillas de salto...)<sup>(39)</sup>.

Otra revisión quería evaluar la verdadera efectividad de un programa de prevención y cuál sería el mejor programa para ello, se realizó mediante un resumen sistemático. La conclusión del estudio dio respaldo al trabajo de prevención, con una reducción del riesgo del 52% en chicas y del 85% en chicos<sup>(40)</sup>. Lo que respalda de manera sobresaliente la realización de un plan de prevención para evitar la recidiva de la lesión. Los autores defienden la realización de un programa de prevención combinado con ejercicios pliométricos (20 minutos, 2



días/semana), trabajo de equilibrio o neuromuscular (15 min, 3 días/semana) y un programada de fuerza, durante al menos 30 días. Sin embargo no obtuvieron un resultado satisfactorio del “mejor” programa de entrenamiento, debido a la gran heterogeneidad de artículos.

Con la lectura de estos artículos considero que mi programa de prevención deberá basarse en un entrenamiento combinado de: control neuromuscular, entrenamiento pliométrico y ejercicios de core.

### **3.10. EDAD DE LA POBLACIÓN DIANA**

Para que la intervención sea fiable y podamos aplicar sus resultados de nuevo a otras poblaciones deberá ser llevada a cabo bajo unas reglas específicas. En este caso hablaremos de la edad de las jugadoras, los resultados que obtengamos no podrán extrapolarse de manera precisa a grupos de edad por encima o por debajo de la nuestra, ya que dará lugar a diferencias considerables en los resultados de la investigación. El motivo de la ubicación de este punto en la introducción se debe a la explicación mediante evidencia de por qué elegimos jugadoras entre 17 y 35 años.

Escogemos a mujeres baloncestistas mayores de 17 años ya que de forma general, según los estudios, se considera finalizado el proceso de crecimiento y maduración<sup>(41)</sup>. Es decir ligamentos y musculatura se consideran idénticos desde un punto de vista fisiológico que las de una jugadora de 25 años. Respecto a la edad máxima de 35 años nos basaremos en estudios de envejecimiento muscular y ligamentoso. Como ocurre con el pico de masa ósea, el pico de masa muscular se alcanza alrededor de los 25 años, desde este momento y hasta los 50 años aproximadamente se mantiene estable con una ligera pérdida del 10%. A partir de los 35 años se puede apreciar una pequeña disminución de la masa magra, fundamentalmente debido a la pérdida de masa muscular esquelética y a la progresiva disminución del número y el tamaño de las fibras musculares, este proceso es conocido como sarcopenia, y contribuye de manera evidente a la pérdida de fuerza muscular (que se asocia a un mayor riesgo de rotura de LCA)<sup>(42)</sup>. Respecto al ligamento, el envejecimiento provoca una degeneración, el cambios histológicos más prevalentes que ocurren con mayor prontitud son la desorganización de fibras de colágeno y degeneración de la mucosa. Además, con la madurez de las células ligamentosas del LCA, disminuye la actividad metabólica, la producción de colágeno y se produce un aumento de la apoptosis. Finalmente, el envejecimiento normal produce una disminución del número y una alteración de la morfología de los mecanorreceptores del LCA, lo que se correlaciona con déficits de propiocepción. Si nos centramos en la biomecánica se



descubrió que en rodillas más jóvenes (22-35 años), de mediana edad (40-50 años) y mayores (60-97 años) la rigidez lineal, la carga máxima y la energía absorbida disminuyen significativamente con la edad<sup>(43)</sup>. El siguiente gráfico muestra el porcentaje de anormalidades del ligamento según el grupo de edad.

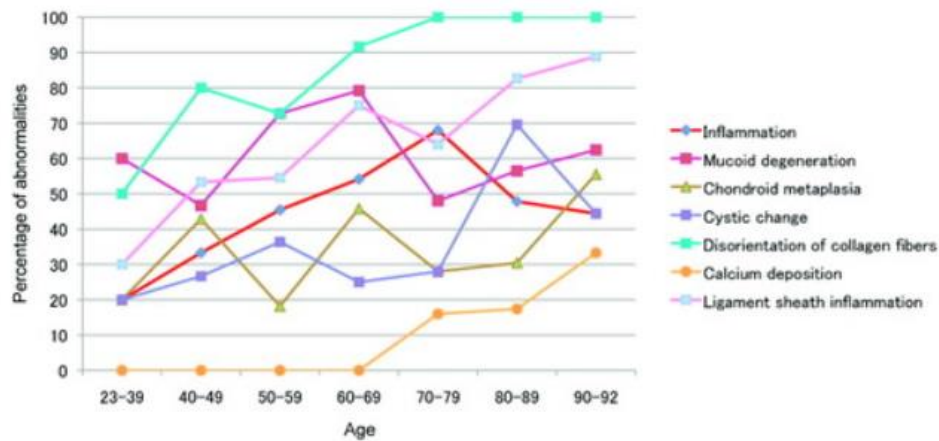


Figura 6 Porcentaje de anormalidades en el ligamento, asociado al envejecimiento, ordenado por grupos edad<sup>(43)</sup>



#### 4. JUSTIFICACIÓN

Como he comentado en la introducción el baloncesto es mi deporte predilecto, lo he practicado desde los 6 años e incluso hoy en día realizo partidos los fines de semana con los amigos de la infancia. Además poseo el título de entrenador y llevo a dos equipos alevines en Zaragoza. Fue gracias a este deporte, en concreto durante la temporada 2012-2013 cuando conocí de primera mano la fisioterapia y me enamoré de ella. Esa temporada sufrí continuos dolores de rodilla a causa de una lesión de ligamento lateral interno que no acaba de sanar, la fisioterapeuta del club me trató 3 veces por semana, durante varios meses y gracias a ella pude terminar la temporada jugando con normalidad y participando en el campeonato nacional de clubes en Ferrol.

Además de tratarme me dio a conocer la importancia de la fisioterapia para la población en general y en especial para los deportistas, cómo esta puede prevenir lesiones, acortar los tiempos de recuperación, adaptar el cuerpo al entrenamiento, evaluar el estado del deportista, etc<sup>(44)</sup>. Fue a raíz de estas charlas cuando empecé a ver una profesión que me atrajese de verdad y comencé a interesarme por el cuerpo humano y su fisiología.

En cuanto a por qué he escogido la lesión de ligamento cruzado anterior, la respuesta es clara. La mayoría de las lesiones en baloncesto se dan en la EEII (63.7%), pese a que el tobillo es la articulación más propensa a sufrir lesiones (21.9%), la rodilla no está muy lejos de esta cifra (17.8%)(<sup>25</sup>) y los tiempos de recuperación son mucho mayores. Un estudio realizado en fútbol determinó que una lesiones de LCA requiere de un mínimo de 6.6 meses para volver a entrenar y 7.4 meses para competir de nuevo(<sup>27</sup>). El motivo de este tiempo se basa en el proceso de ligamentización donde la mayoría de los expertos concuerdan que el nuevo ligamento (extraído a partir de un tendón), requiere de un mínimo de 1 año para adquirir las características iniciales(<sup>30</sup>).

Y por qué roturas recurrentes de LCA, aquí la respuesta es doble, en primer lugar fui testigo de una lesión recurrente de primera mano, ya que mi hermana (jugadora de balonmano) sufrió una segunda rotura homolateral cuando apenas llevaba 2 semanas entrenando tras su recuperación, sin duda debido a una incorrecta rehabilitación y/o una excesiva prisa por volver a las pistas. Además de afectarle de forma deportiva (parón deportivo), le afectó psicológicamente (no quiso volver a jugar de nuevo). Una segunda operación es más agresiva, ya que el tendón extraído para sustituir al ligamento lesionado es extirpado de la pierna



contralateral<sup>(29)</sup> lo que todavía dificulta más las tareas de la vida diaria y empeora la recuperación.

Desde el punto de vista estadístico, las lesiones recurrentes de LCA son muy comunes, tanto de la rodilla homolateral como de la contralateral (7% y 8%, respectivamente) y en deportistas jóvenes (10% y 13% respectivamente)<sup>(4)</sup>. Como en el caso de mi hermana una lesión recurrente de este tipo es demoledora para el deportista, un nuevo año apartado de las pistas reduce el rendimiento en los mejores años del profesional y es motivo de abandono deportivo en muchas disciplinas <sup>(1,2,13)</sup>.

Por último y más importante, por qué en deportista femeninas, mirando la estadística es obvio que las chicas tiene mayor riesgo de sufrir lesiones, las causas ya han sido comentado en el apartado 3.4 de la introducción. Se cree que al haber riesgos intrínsecos o innatos para la lesión de LCA en chicas, es bastante comprensible que el entrenamiento preventivo tenga un potencial mayor de reducción de lesiones en chicas Vs en chicos<sup>(3)</sup>.





## **5. HIPÓTESIS**

### **5.1. Hipótesis de investigación**

El cumplimiento de un plan de intervención basado en el entrenamiento de control neuromuscular, ejercicios pliométricos y trabajo del core previene las lesiones recurrentes del Ligamento Cruzado Anterior en jugadoras de baloncesto femenino.

## **6. OBJETIVOS**

Se dividirán en un objetivo general y varios específicos

### **6.1. GENERAL**

Verificar que el entrenamiento de control neuromuscular, ejercicios pliométricos y trabajo del core disminuye el número de lesiones recurrentes del Ligamento Cruzado Anterior en jugadoras de baloncesto femenino.

### **6.2. ESPECÍFICO**

- Reducir del valgo de rodilla del 50% de las jugadoras del grupo experimental en aterrizaje, cambios de dirección y saltos.
- Aumentar la flexión de rodilla del 50% de las jugadoras del grupo experimental en aterrizaje, cambios de dirección y saltos.
- Reducir la rotación interna de cadera del 50% de las jugadoras del grupo experimental en aterrizaje, cambios de dirección y saltos.



## 7. METODOLOGÍA

Como he comentado en punto 3.9 de la introducción, mi protocolo de prevención secundaria estará basado en un programa combinado de control neuromuscular, entrenamiento pliométrico y ejercicios de core. Por separado han demostrado tener un alto potencial en la reducción de lesiones recurrentes de LCA, según los artículos su utilización combinada todavía puede reducir de manera más significativa este ratio de recaídas<sup>(39)</sup>.

### 7.1. DISEÑO DE LA INTERVENCIÓN

El estudio que estamos proponiendo es un **ensayo clínico controlado aleatorizado (ECCA) de tipo experimental con ciego por terceros**. Un ECCA es una evaluación experimental de un producto o técnica, el objetivo es determinar cuál de los procedimientos es mejor o da mejores resultados. Para ello los investigadores deben controlar una serie de condiciones para poder comparar el o los grupos experimentales y el grupo control<sup>(45)</sup>. En este caso, el observador-evaluador no conocerá la información de la evaluación inicial, ni el grupo (experimental o control) al que pertenece cada sujeto. Como ensayo clínico que es, consistirá en un experimento planificado cuyo objetivo será evaluar la eficacia de una intervención sanitaria. De este modo, al ser un estudio experimental, el grupo de investigación controlará todas las variables de un grupo de sujetos aleatorizados que hayan sufrido una determinada lesión, en este caso una rotura de LCA anterior intervenida quirúrgicamente<sup>(46)</sup>.

Si nuestros resultados siguen la línea de las investigaciones anteriores, la intervención debería provocar una mejoría de los componentes lesionales comentados, es decir, debería reducir el valgo de rodilla, aumentar la flexión de rodilla y reducir la rotación interna de cadera en el aterrizaje. No solo queremos ver si eso es cierto, sino que queremos evaluar qué porcentaje de mejoría apreciamos en el grupo experimental respecto al grupo control mediante 2 y 3 entrenamientos semanales preventivos de corta duración, en función del momento de la investigación (20-25').

### 7.2. SUJETOS DE ESTUDIO

El estudio está dirigido a jugadoras de baloncesto amateur (sin contrato profesional) entre 17-35 años. Los motivos de inclusión y exclusión por edad han sido comentados en el apartado 3.10. de la introducción. Los sujetos del estudio serán **jugadoras de entre 17 y 35 años con ficha federativa en vigor con la Federación Aragonesa de Baloncesto (FAB)**. Según la estadística en 2017 Aragón contaba con **6.294 jugadoras** federadas de edades comprendidas entre 3 y 65 años<sup>(47)</sup>. La obtención de la muestra se llevará a cabo de manera de manera aleatoria entre los equipos que quieran participar en el estudio. En la fase previa del estudio se



informará a los clubs participantes de la hipótesis y de los objetivos del estudio, además se realizará un formulario con los datos a rellenar basados en las distintas jugadoras. Dichos cuestionarios deberán ser cumplimentados por los miembros del club y las propias jugadoras.

**Tabla 1 Cuestionario del protocolo de prevención secundaria para la aceptación o descarte de las jugadoras**

Cuestionario Protocolo de prevención secundaria	
Número ficha federativa (FEB)	
Fecha nacimiento jugadora	
¿Ha sufrido una lesión de LCA?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
¿Había alguna estructura más lesionada?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
¿Fue intervenida quirúrgicamente?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
¿Mediante autotrasplante o alotrasplante?	<input type="checkbox"/> Autotrasplante <input type="checkbox"/> Alotrasplante
En caso de Autotrasplante. Estructura utilizada	<input type="checkbox"/> Tendón rotuliano <input type="checkbox"/> Tendón grácil <input type="checkbox"/> Tendón semitendinoso
Fecha de la intervención	
Valoración individual por partido (2019-20)	
Posición habitual de la jugadora	<input type="checkbox"/> Base <input type="checkbox"/> Escolta <input type="checkbox"/> Alero <input type="checkbox"/> Ala-Pívot <input type="checkbox"/> Pívot
Días de entrenamiento semanales (sin partido)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7

Los datos obtenidos serán analizados por el investigador principal, que será el que determine las jugadoras aptas para incluir en el estudio. Queremos que la investigación sea lo más precisa posible, de ahí la importancia de los criterios de inclusión y exclusión y si cumplimiento.

Un punto muy importante de la investigación será el cálculo de la  $N^{(48, 49)}$ . Para determinar el tamaño muestral utilizaremos una fórmula preestablecida. En este caso utilizaremos la fórmula de poblaciones infinitas, es decir, desconocemos el tamaño de la población, por ese motivo utilizaremos la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}{d^2}$$

- n: tamaño de la muestra
- $Z_{\alpha}^2$ : valor obtenido mediante valores de confianza. En nuestro caso 0.95



- $p$ : proporción esperada
- $q$ :  $1-p$ , probabilidad de fracaso
- $d$ : precisión (como en otros estudios basados en tratamientos médicos deseamos un 3%)

De esta forma extraeremos el número de población a estudiar según los márgenes de error y el intervalo de confianza determinado. Para calcular el tamaño muestral específico de nuestra investigación no podemos conocer la totalidad de población a la que nos referimos. Esta población sería las jugadoras todas las jugadoras de baloncesto amateur entre 17 y 35 años que han sufrido una rotura de LCA con su IQ pertinente. Por este motivo utilizamos la fórmula de poblaciones infinitas.

$$n = \frac{1.96^2 \cdot 0.05 \cdot 0.95}{0.03^2} = \frac{0.182676}{0.0009} = 202.75$$

El número suficiente para llevar a cabo el estudio ECCA es de 202 personas. Sin embargo no estamos teniendo en cuenta los posibles abandonos y pérdidas que pueda haber durante la realización del estudio. Por este motivo, mediante la siguiente fórmula del tamaño muestral ajustado a las pérdidas podemos definir el número final de jugadoras. Como en otros estudios científicos similares, el % de pérdidas se establece en 15%.

$$n^1 = n \cdot \frac{1}{1 - R}$$

- $n^1$ : número de jugadoras ajustadas a las pérdidas
- $n$ : número de jugadoras sin pérdidas
- $R$ : proporción esperada de pérdidas (15%)

$$n^1 = 202 \cdot \frac{1}{1 - 0.15} = 202 \cdot 1.1765 = 237.65$$

238, este será este número de jugadoras las que participarán en la investigación<sup>(50)</sup>. Esta cifra será dividida en 2 grupos idénticos de 119 jugadoras mediante técnicas de aleatorización. La técnica de muestreo utilizada será la consecutiva, aprovechando que tenemos una lista con todas las jugadoras potencialmente participantes en el estudio (que han superado los criterios de inclusión). Se trata de una técnica probabilística en la que todas las participantes tienen las mismas posibilidades de ser elegidas, superando así una posibilidad de elección sesgada<sup>(51)</sup>. Al tratarse de un estudios experimental, se aleatorizará la muestra para obtener así dos grupos



de 119 participantes cada uno. De este modo, se llevará a cabo una aleatorización simple. Utilizando la función aleatorio de Microsoft Excel dividiremos a las jugadoras en 2 grupos, al pulsar el botón F9 aparecerá un número real, las jugadoras con número par irán al grupo experimental y las de número impar al grupo control.

D1		fx		=ALEATORIO()	
	A	B	C	D	E
1				0.16432483	
2					
3					

Figura 7 Utilización del modo aleatorio (=ALEATORIO) Microsoft Excel

Finalmente, aquellos que vayan a formar parte del estudio (muestra) deberán firmar un consentimiento informado para ser incluidos en el estudio. [Anexo 1]

#### 7.2.1. Criterios de inclusión

Serán las condiciones para tener la posibilidad de participar en el estudio, tras rellenar la cuestionario por los miembros del club la jugadora será añadida a una base de datos para su posterior aleatorización en uno de los grupos: experimental o control.

- Jugadoras con ficha en vigor por la FAB
- Entre 17 y 35 años
- Lesión previa de LCA (sin afectación LCP, LLI o LLE)
- Intervención quirúrgica realizada
- Entre 12 y 18 meses desde su IQ

#### 7.2.2. Criterios de exclusión

Estos serán las situaciones de rechazo para la participación en el estudio. Se basaran en condicionantes que hagan el estudios lo más fiel posible, que haya las menores diferencias entre las jugadoras para poder obtener conclusiones lo más reales posibles.

- Dolor de rodilla (EVA más de 4 puntos) en la realización de ejercicio físico
- No sigue el protocolo de prevención secundaria (falta de compromiso)
- Lesión deportiva que le impida seguir con el ejercicio físico
- Participación en otro estudio de forma simultánea



### 7.3. VARIABLES DE ESTUDIO Y VALORACIÓN

Nos encontramos ante 2 variables diferentes, la variable independiente y la dependiente. La primera hace referencia a las modificaciones o cambios que realizamos en el grupo experimental para ver los efectos en la variable dependiente. La variable dependiente, por su parte, es la que se investiga y se mide, para tratar de obtener unas conclusiones al respecto.

- Variable independiente:

- El tratamiento → protocolo de ejercicios de control neuromuscular, trabajo pliométrico y entrenamiento del core, como prevención secundaria de lesión recurrente de LCA (grupo experimental).

- Variables dependientes:

- Valoración de ángulos anatómicos de la rodilla → mediante la realización del **Test Drop Jump**, la jugadora se dejará caer desde una altura de 38,1cm para realizar inmediatamente después un salto vertical. Análisis de la grabación en vídeo a cámara lenta. Pre, media y post test.
  - Ángulo valgo de rodilla
  - Flexión de rodilla
  - Rotación interna de cadera
- Porcentaje de recaída → reducción del número de lesiones recurrentes por debajo del 23% del total intervenidas (porcentaje de recaída según estudios). Como sabemos en deportistas femeninas jóvenes tras sufrir un lesión de LCA hay un porcentaje de caída del 23%<sup>(4)</sup>. Nuestro objetivo será reducir este porcentaje de recaída mediante el protocolo de prevención secundaria. Para ello desde el día 1 de la intervención, hasta 2 años se mantendrá el contacto con las jugadoras para conocer si alguna de ellas sufre una nueva lesión de LCA en cualquiera de las rodillas.
- Valoración por partido → sumatorio de puntos, rebotes, asistencias, robos, tapones y faltas recibidas (positivos) y de pérdidas, faltas realizadas y tiros fallados (negativos). Pese a no ser un objetivo del plan de intervención me parece interesante observar si se produce una mejoría de los números, y saber de este modo si los ejercicios propuestos no solo reducirían el riesgo de recidiva, sino que también podrían dar lugar a una mejora en el rendimiento de la deportista.



Otro grupo de variables serías las variables descriptivas de la muestra

- Variables descriptivas: todas estas variables nos permitirían saber cuáles serían las condiciones idóneas para realizar nuestra intervención, en que deportistas obtenemos los mejores resultados o mejorías en función de las diferentes variables.
  - Edad
  - Posición → catalogados en función de su posición más habitual en el campo
    - Base
    - Escolta
    - Alero
    - Ala-Pívot
    - Pívot
  - Meses desde la IQ → anotado en el inicio del estudio
  - Tipo de injerto → según el tipo de injerto utilizado en la IQ
    - Aloinjerto
    - autoinjerto
  - Tendón utilizado → en caso de autoinjerto
    - Tendón rotuliano
    - Tendón semitendinoso
    - Tendón grácil
  - Días de entrenamiento específico semanales → número de sesiones semanales de entrenamiento en su club: esta variable en particular nos permitiría comprobar la eficacia o ineficacia del protocolo en función de la carga que está soportando la jugadora. Además, en caso de que una jugadora sufra una recaída, ya sea de LCA o de otro tipo, podemos comprobar con cierto grado de veracidad, si la causa puede deberse a un exceso de carga en las sesiones de entrenamiento.



Estas variables dependientes podrán ser clasificadas en función de su naturaleza:

**Tabla 2 Clasificación de las variables dependientes y descriptivas utilizadas**

Variable		Tipo de variable
Variables dependientes	Análisis vídeo (ángulos anatómicos)	Cuantitativa continua
	Porcentaje de recaída	Cuantitativa continua
	Valoración por partido	Cuantitativa continua
Variables descriptivas	Edad	Cuantitativa discreta
	Posición	Cualitativa nominal
	Meses desde la lesión (inicio estudio)	Cuantitativa continua
	Tipo de injerto	Cualitativa nominal
	Tendón autoinjerto utilizado	Cualitativa nominal
	Días de entrenamiento específico	Cuantitativa discreta

## 7.4. PLAN DE INTERVENCIÓN

En primer lugar dividiremos la población en dos grupos aleatorios, mediante la herramienta “aleatorio” de *Microsoft Excel* comentada anteriormente. De modo que obtendremos un grupo control, que continuará con sus entrenamientos específicos de baloncesto sin seguir ningún protocolo alternativo de prevención, y un grupo experimental, el cual recibirá un protocolo de prevención secundaria de corta duración (20-25’), basado en la evidencia que deberán aplicar de forma individual tras la realización de su entrenamiento específico. El objetivo de ambos grupos será si se puede o no aceptar la hipótesis como válida.

### 7.4.1. Grupo control

La intervención del grupo control será muy simple, continuar con su entrenamiento específico de baloncesto, así como las sesiones de físico que realicen en su club, en caso de ser así. El motivo de este grupo control se basa en: desde el punto de vista deportivo se presupone que una vez que vuelven al campo son jugadoras recuperadas por completo, con características idénticas a las jugadoras no lesionadas. Por este motivo, de forma general, una vez finalizada su rehabilitación específica (de 8-12 meses) previa a la vuelta al campo (*return tu play*), jamás se realiza un trabajo preventivo pese a tener mayor riesgo que jugadoras que no han sufrido una lesión de este tipo.





#### 7.4.2. Grupo experimental

Será este grupo el que reciba la intervención como tal, al tratarse de una combinación de 3 tipos de entrenamiento se requiere de una buena organización en la planificación semanal para que el entrenamiento específico de baloncesto no se vea condicionado por este trabajo preventivo continuado<sup>(52)</sup>. Se realizará el entrenamiento combinado ya comentado.

Para apreciar las diferencias entre ambos grupos (control y experimental) se realizará el test del Drop Jump (DP), comentado anteriormente por su gran capacidad de anticipar futuras lesiones de LCA, con una sensibilidad del 78% y una especificidad del 73%<sup>(38)</sup>. El procedimiento del test consistirá en dejarse caer desde un cajón a 38,1cm (12 pulgadas) de altura y realizar un nuevo salto vertical en el momento de tocar al suelo con la mayor brevedad de contacto posible<sup>(53)</sup>. Se observará mediante una grabación a cámara lenta los ángulos de valgo de rodilla, la flexión de rodilla y la rotación interna de cadera.

El test será realizado de forma previa al programa preventivo de entrenamiento y a los 3 y 7 meses una vez iniciada su realización. Según las revisiones estudiadas se requiere de un plazo de 4-7 meses para lograr cambios deseables a nivel cinemático<sup>(39)</sup>.

El grupo control seguirá con su rutina habitual de entrenamiento sin realizar ejercicios específicos de prevención, mientras que el grupo experimental realizará el siguiente protocolo de ejercicios preventivos.

Dichos entrenamientos preventivos serán divididos en 2 bloques, realizados 3 veces/semana durante los meses 1, 2, y 3 de la investigación; y 2 veces los meses 4, 5, 6 y 7. Estos se llevarán a cabo antes del entrenamiento específico: lunes, miércoles y viernes y tendrán una duración de 20-25 minutos. Como hemos ido viendo la combinación de los ejercicios provoca un efecto potenciador en la reducción de lesiones recurrentes de LCA, al no existir un protocolo estandarizado me tomo la libertad de proponer una serie de ejercicios ordenados por tipo y complejidad para ser realizados durante el transcurso de la investigación.

Estos ejercicios están ordenados en dificultad y por colores según el grupo al que pertenecen, además todos ellos tienen un código que utilizaremos para proponerlos a las jugadoras en función del día que corresponda. De este modo evitaremos al máximo los sesgos por diferencias del tratamiento, todas las jugadoras realizarán el mismo tratamiento durante la intervención, y las mismas repeticiones y series. Para ello se creará un calendario con los ejercicios a realizar desde el día 1 de la intervención hasta el último, proponiendo a cada sesión los ejercicios mediante la utilización del código.



Conforme avancen las semanas se permitirá realizar ejercicios de mayor dificultad. Todos los ejercicios irán acompañados de una ficha individual en la cual se plasmará una descripción gráfica y una serie de pautas donde quede claramente definido el ejercicio.

**Tabla 3 Protocolo de ejercicios de prevención para la rotura recurrente de LCA**

PROTOCOLO DE PREVENCIÓN ROTURA RECURRENTE LCA		Series
ENTRENAMIENTO CONTROL NEUROMUSCULAR		
N1	Sentadilla monopodal velocidad lenta	2x 2x5
N2	Apoyo monopodal movimientos lentos pierna contraria (la estrella)	2x 2x30"
N3	Sentadilla en doble bosu bipodal	3x10
N4	Sentadilla en doble bosu invertido bipodal	3x10
N5	Sentadilla en bosu monopodal (progresión de velocidad a lenta)	2x 2x5
N6	Bosu monopodal en flexión de rodilla (proposición ejercicios)	2x 2x30"
N7	Ejercicio de bote, pase, robo en bosu	3x1'
N8	Ejercicio de bote, pase, robo en bosu invertido	3x1'
N9	Ejercicio de bote, pase, robo en doble bosu invertido	3x1'
N10	Aterrizaje monopodal sobre plano inclinado	2x 2x10
N11	Zancada frontal con apoyo en bosu (sin/con pase/recepción)	2x 3x10
N12	Zancada lateral con apoyo en bosu (sin/con pase/recepción)	2x 3x10
N13	Aterrizaje bipodal en bosu -altura progresiva (con pase/recepción)	3x10
N14	Aterrizaje monopodal en bosu -altura progresiva (pase/recepción)	2x 2x10
N15	Circuito, trabajo reactivo, órdenes (dech-izq-delante-atrás, números, colores...) combina aterrizajes, sentadillas, cambios dirección,	5x1'



ENTRENAMIENTO PLIOMÉTRICO		
P1	Ligera flexión de rodilla salto vertical explosivo, pies paralelos (sucesivo).	4x6
P2	Monopodal, pie contrario apoyado detrás sobre un banco, flexión lenta de la rodilla apoyada en el suelo y recuperación de la posición inicial de forma rápida (sucesivo).	2x 2x10
P3	Salto longitud consecutivo con pies paralelos mínimo tiempo suelo	4x6
P4	Desde posición de pies juntos salto largo frontal-dorsal, aterrizaje a un pie, salto vertical monopodal	2x 2x6
P5	Desde posición de pies juntos salto largo lateral, aterrizaje a un pie, salto vertical monopodal	2x 2x6
P6	Lunge frontal + salto vertical explosivo (sucesivo)	2x 2x6
P7	Lunge latera + salto vertical explosivo (sucesivo)	2x 2x6
P8	Pierna estirada sobre el suelo, pierna contraria flexionada 90º de cadera y rodilla, saltos altos y rápidos con la pierna estirada	2x2x6
P9	Salto media altura + giro 180º + vuelta posición inicial (sucesivo)	2x8
P10	Skiping a una pierna (rodilla lo más alto que podamos)	2x 2x6
P11	Escalones de 1 en 1 lo más rápido posible	3x30"
P12	Desde el cajón, dejarse caer + salto vertical explosivo	3x6
P13	Desde el suelo ligera flexión y salto sobre un cajón, bajas a pies juntos y saltas de nuevo (sucesivo).	3x6
P14	Desde el suelo monopodal, ligera flexión y salto sobre cajón, bajas monopodal y saltas de nuevo (sucesivo).	2x 2x6
P15	Circuito combinación de saltos bi-monopodales, dirección, altura, longitud...	3x1'



ENTRENAMIENTO DEL CORE		
C1	Plancha horizontal estática (sin/con bosu)	3x30"
C2	Plancha lateral estática (sin/con bosu)	2x 2x20"
C3	Plancha sobre fitball dinámica (giro hombros en ambas direcciones)	2x30"
C4	En posición de plancha frontal, flexión de cadera y rodilla hacia codo contrario alterno (spiderman/escalador)	2x14
C5	Decúbito supino en flexión de cadera, con la ayuda de una pica, girar las piernas a ambos lados girando la cintura. Para mayor intensidad, extender las piernas.	2x14
C6	En cuadrupedia elevar pierna-brazo contrarios	2x20
C7	En cuadrupedia sobre fitball (más dificultad con 3 apoyos)	2x20
C8	Posición de plancha frontal con codos estirados y apoyando el dorso de los pies sobre un fitball, elevación de cadera	2x10
C9	Decúbito supino, balón baloncesto o medicinal entre los pies, ascensión de piernas, cambio de balón a manos descenso, vuelta a subir y cambio a pies de nuevo (sucesivo).	2x8
C10	Posición de plancha frontal brazos estirados, pasamos una kettlebel (pеса rusa) de un lado al otro del cuerpo dejándola en el suelo y trayéndola con la mano contraria	2x10
C11	Con los pies en el aire en TRX, codos apoyados, rotación de cadera derecha-izquierda.	2x20
C12	Sedestación sobre fitball sujetando con las manos una goma atada a espaldera brazos estirados, goma en tensión (sin/con rotación tronco)	2x 2x30"
C13	Sedestación sobre fitball sujetando con las manos una goma atada a la espaldera, la goma es atravesada por una kettlebell, estiramos doblamos brazos para aumentar la velocidad de la pesa.	2x 2x30"
C14	Bipedestación sujetando con las manos una goma atada a espaldera brazos estirados, goma en tensión tensión (sin/con rotación tronco)	2x 2x30"
C15	Bipedestación sujetando con las manos una goma atada a la espaldera, la goma es atravesada por una kettlebell, estiramos doblamos brazos para aumentar la velocidad de la pesa.	2x 2x30"

A continuación, para conseguir que todas las jugadoras participantes en el estudio realicen de forma individual los mismos ejercicios, se creará un calendario en el cual se determinen los ejercicios a realizar para todas las sesiones. De esta forma se consigue que la intervención sea lo más similar posible para todas ellas y logrando así el menos número de diferencias intersujeto. Además de esta forma los resultados podrán ser más fielmente aplicables a otros sujetos o grupos de población, ya que en principio los resultados de las jugadoras participantes en el estudio deberán ser similares. El calendario lo realizo mediante el programa Microsoft Excel, pero durante la intervención las jugadoras utilizarán el conocido Google Calendar, que permite visualizar datos día a día, en el cual se adjuntarán los ejercicios a realizar.



Tabla 4 Calendario de intervención 1ª Fase, meses 1, 2 y 3 (ejercicios a realizar)

Lunes	Martes	Miércoles	J	Viernes	S	D
<b>OCTUBRE 2020</b>						
14	15	16	17	18	19	20
Valoraciones 1						
21	22	23	24	25	26	27
N1, 2, 3; P1, 2; C1, 2		N1, 3, 4; P2, 3; C1, 3, 4		N2, 3, 4; P2, 4; C1, 2, 3		
28	29	30	31	1	2	3
N1, 3, 5; P2, 4, 6; C3, 4		N2, 3, 6; P4, 5; C3, 4, 5		N1, 4; P1, 6; C2, 4, 5		
<b>NOVIEMBRE 2020</b>						
4	5	6	7	8	9	10
N4, 5; P4, 6, 7; C3, 5		N3, 6; P4, 5; C3, 4, 7		N5, 7, 8; P3, 7; C5, 6, 7		
11	12	13	14	15	16	17
N1, 5, 7; P1, 7; C4, 7, 8		N1, 6, 8; P6, 7, 8; C4, 8		N1, 7, 8; P4, 6; C1, 3, 7		
18	19	20	21	22	23	24
N2, 3, 9; P4, 8; C3, 6, 9		N4, 5, 9; P4, 8; C2, 6, 7		N5, 8, 10; P7, 9, 10; C4, 9		
25	26	27	28	29	30	1
N7, 11; P8, 9, 11; C8, 9		N9, 11; P8, 10, 11; C8, 9, 10		N8, 10, 11; P6, 8, 10; C5, 6		
<b>DICIEMBRE 2020</b>						
2	3	4	5	6	7	8
N9, 11, 12; P10, 11; C8, 10		N11, 13; P10, 11, 12; C9, 11		N11, 12, 13; P11, 12; C10, 12		
9	10	11	12	13	14	15
N9, 11, 13; P8, 10, 12; C8, 10		N9, 12; P10, 11, 12; C9, 10		N9, 13; P3, 11; C8, 10, 12		
16	17	18	19	20	21	22
N2, 8, 10; P4, 10, 11; C4, 10		N11, 13; P12, 13, 14; C10, 12		N12, 13, 14; P10, 14; C13, 14		
23	24	25	26	27	28	29
N1, 8, 14; P12, 14; C2, 13, 14		N5, 11; P8, 13, 14; C9, 10		N5, 7, 11; P6, 10, 12; C3, 9		
30	31	1	2	3	4	5
N1, 7, 8; P8, 10; C2, 5, 10		N9, 11; P8, 10, 11; C8, 9, 10		N4, 9, 14; P5, 10, 15; C10, 14		
<b>ENERO 2021</b>						
6	7	8	9	10	11	12
N5, 15; P12, 14, 15; C10, 14		N12, 13; P10, 14; C13, 14, 15		N1, 7, 13; P2, 14; C2, 13, 14		
13	14	15	16	17	18	19
N2, 3, 7; P4, 8, 10; C1, 8, 10		N8, 9, 10; P14, 15; C3, 14, 15		N5, 6, 7; P2, 3, 4; C14, 15		



Tabla 5 Calendario de intervención 2ª Fase, meses 4, 5, 6 y 7 (ejercicios a realizar)

Lunes	Martes	Miércoles	J	Viernes	S	D
<b>ENERO 2021</b>						
20	21	22	23	24	25	26
Valoraciones 2				N1, 2, 3; P4, 5; C6, 8, 10		
27	28	29	30	31	1	2
	N4, 5, 6; P3, 6, 7; C14, 15			N7, 8, 9; P6, 8; C10, 12, 13		
<b>FEBRERO 2021</b>						
3	4	5	6	7	8	9
	N1, 7, 9; P4, 10, 11; C14, 15			N10, 11, 12; P4, 8, 12; C1, 13		
10	11	12	13	14	15	16
	N10, 14; P10, 11, 12; C12, 13			N1, 10, 11; P8, 9, 11; C2, 3, 4		
17	18	19	20	21	22	23
	N3, 5, 6; P6, 10; C10, 12, 14			N2, 8, 9; P13, 15; C12, 13, 15		
24	25	26	27	28	1	2
	N3, 7, 9; P1, 5, 9; C4, 7, 9			N1, 11, 14; P1, 10, 11; C6, 13		
<b>MARZO 2021</b>						
3	4	5	6	7	8	9
	N1, 4, 8; P2, 6, 15; C9, 14, 15			N11, 12; P8, 9, 10; C2, 7, 13		
10	11	12	13	14	15	16
	N1, 11; P8, 12, 14; C5, 9, 15			N4, 5, 6; P7, 8, 9; C10, 11, 12		
17	18	19	20	21	22	23
	N6, 9, 12; P13, 14; C5, 8, 14			N3, 7, 9; P1, 5, 9; C4, 7, 9		
24	25	26	27	28	29	30
	N1, 5, 9; P11, 15; C10, 11, 14			N2, 12, 14; P5, 6; C2, 3, 8		
<b>ABRIL 2021</b>						
31	1	2	3	4	5	6
	N11, 13, 14; P6, 7; C2, 6, 10			N; P1, 5, 9; C4, 7, 9		
7	8	9	10	11	12	13
	N3, 9, 14; P2, 6, 12; C9, 10			N4, 5, 6; P10, 11; C11, 14, 15		
14	15	16	17	18	19	20
	N5, 7, 11; P1, 13, 14; C4, 9			N11, 12, 13; P5, 6; C9, 10, 13		
21	22	23	24	25	26	27
	N8, 10, 13; P7, 11, 12; C1, 3			N3, 7, 9; P1, 5, 9; C4, 7, 9		
28	29	30	1	2	3	4
	N4, 5, 9; P4, 12; C2, 3, 14			N3, 7, 9; P1, 5, 9; C4, 7, 9		
<b>MAYO 2021</b>						
4	5	6	7	8	9	10
	N5, 12, 14; P5, 10, 11; C6, 13			N3, 11, 12; P1, 7, 10; C3, 13		
11	12	13	14	15	16	17
	N2, 8, 10; P1, 3, 9; C11, 14, 15			N2, 6, 8; P2, 3, 8; C10, 11, 12		
18	19	20	21	22	23	24
	N7, 9, 11; P1, 2, 3; C4, 5, 6	Valoraciones 3				

Así quedaría el calendario de las jugadoras con los ejercicios a realizar cada uno de los días, la ventaja de usar este tipo de organización es que además de homogenizar el protocolo, llevamos un control de las sesiones y de la carga de las jugadoras. Ahora para que las jugadoras puedan aplicar de forma exacta el protocolo deberemos realizar una fichas de los ejercicios que permitan su entendimiento y los ejercicios puedan realizarse de forma segura. Como ya he comentado, en caso de duda disponen del teléfono del investigador principal para resolver todo tipo de preguntas relacionadas con la intervención. A continuación adjunto varios ejemplos de fichas de ejercicios. Realizaríamos una ficha similar para cada uno de los ejercicios propuestos en la tabla del protocolo:

**Tabla 6** Ficha descripción y pautas de ejercicio N1

N1 Sentadilla monopodal velocidad lenta		
		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- La velocidad del ejercicio es lenta</li> <li>- Bajar lo máximo que permita nuestra fuerza y control</li> <li>- Vigilar que la rodilla de apoyo no se vaya hacia dentro</li> <li>- Podemos colocar el talón sobre una elevación de 1cm</li> </ul>		Series – Repeticiones
		2 piernas (2x5 reps)
		Descanso
		20” entre series

**Tabla 7** Ficha descripción y pautas de ejercicio N2

N2 Apoyo monopodal movimientos lentos pierna contraria (la estrella)		
		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- La velocidad lenta lo hace más complejo</li> <li>- Mantener ligera flexión de rodilla en pierna de apoyo</li> <li>- Vigilar que la rodilla de apoyo no se vaya hacia dentro</li> <li>- Equilibrarnos de nuevo antes del nuevo movimiento</li> </ul>		Series – Repeticiones
		2 piernas (2x30”)
		Descanso
		15” entre series



Tabla 8 Ficha descripción y pautas de ejercicio P1

P1	Ligera flexión de rodilla salto vertical explosivo, pies paralelos.	
		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ligera flexión, pausa, salto explosivo arriba</li> <li>- Aterrizaje con flexión</li> <li>- Vigilar que la rodilla de apoyo no se vaya hacia dentro</li> <li>- Recuperamos posición erguida y repetimos</li> </ul>		Series – Repeticiones
		4x6
		Descanso
		30" entre series

Tabla 9 Ficha descripción y pautas de ejercicio P2


P2	Monopodal, pie contrario apoyado detrás sobre un banco, flexión lenta de la rodilla apoyada en el suelo y recuperación de la posición inicial de forma rápida.	
		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bajamos de forma lenta y controlada</li> <li>- Vigilar que la rodilla de apoyo no se vaya hacia dentro</li> <li>- Subida explosiva (incluso perder contacto con suelo)</li> <li>- Pierna trasera apoyada sobre el empeine, estable</li> </ul>		Series – Repeticiones
		2 piernas (2x10)
		Descanso
		15" entre series

Tabla 10 Ficha descripción y pautas de ejercicio C1

C1	Plancha horizontal estática (sin/con bosu)	
		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apoyo de antebrazos (flexión de codo)</li> <li>- Posición espalda recta (no curvaturas)</li> <li>- A menos superficie de pies, mayor dificultad</li> <li>- El bosu genera inestabilidad que dificulta la plancha</li> </ul>		Series – Repeticiones
		3x30"
		Descanso
		15" entre series



**Tabla 11** Ficha descripción y pautas de ejercicio C2

C2	Plancha lateral estática (sin/con bosu)	
		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apoyo superior de antebrazo (sin/ con bosu)</li> <li>- Mano contraria elevada “tocando” el techo</li> <li>- Apoyo inferior con el lateral del pie</li> <li>- El bosu genera inestabilidad que dificulta la plancha</li> </ul>		Series – Repeticiones
		2 lados (2x20”)
		Descanso
		15” entre series

## 7.5. MANEJO DE LA INFORMACIÓN Y RECOGIDA DE DATOS

En primer lugar, debemos explicar que la confidencialidad de datos de los integrantes del estudio estará protegida y se respetará la intimidad y a privacidad de éstos.

Habrà un encargado de recoger de nuevo la información de las variables sociodemográficas (edad, posición, días de entrenamiento...), en caso de que estas se encuentren incompletas. Seguirá el guion realizado en la [Tabla 1 Cuestionario del protocolo de prevención secundaria para la aceptación o descarte de las jugadoras](#). Por otro lado, los valores cuantitativos específicos del estudio serán recogidos por el fisioterapeuta que evalúe los resultados del Drop Jump Test, así como los datos de porcentaje de recaídas y de la puntuación de valoración de las jugadoras.

Como se ha comentado, se realizará el Drop Jump Test de forma previa, media y posterior a la intervención. Para su valoración se precisara de 3 fisioterapeutas y se llevarán a cabo durante 3 días, debido al alto volumen de trabajo. La valoración se llevará a cabo en 3 salas diferentes del Pabellón deportivo Siglo XXI. Como en principio todas las jugadoras son de Aragón, utilizaremos este espacio céntrico para facilitar el desplazamiento de las jugadoras. Estos datos se representarán en una hoja de registro individual de cada jugadora, para, posteriormente, ser transcritas por el investigador principal al programa informático Microsoft Excel. Todos estos datos serán llevados de forma anónima representando a cada jugadora con un número aleatorio.



Una vez obtenidos todos los datos, tanto del pre-test, del test-medio como del post-test, así como los datos de recaídas y de la variación de valoración deportiva (estadísticas baloncestísticas) serán enviados al estadísticos. Mediante el uso del programa SPSS, será el encargado de analizar los datos, posteriormente informará al investigador de los resultados obtenidos. El investigador será el último encargado de realizar el contraste de hipótesis y extraer las conclusiones pertinentes.

## **7.6. GENERALIZACIÓN Y APLICABILIDAD**

En caso de que nuestra hipótesis se vea aceptada y los resultados sean positivos para la prevención de lesiones recurrentes de LCA estaríamos ante una nueva forma de evitar roturas. Mediante un entrenamiento breve de solo 20' y con una variedad alta de ejercicios, lo que permite una mayor adherencia, elegidos todos ellos mediante la evidencia y ordenados por tipo de entrenamiento y dificultad, daríamos una gran facilidad a muchos deportistas, no solo mujeres, y no solo baloncestistas, a realizar los ejercicios de manera continua y reducir así el riesgo de recaída.

Pese a que el estudio está basado en mujeres, debido a su elevado potencial para reducir las lesiones de LCA por sus factores de riesgo innatos (o intrínsecos), y en el deporte del baloncesto. Este protocolo puede ampliarse a todos los deportes que tengan asociado un riesgo de rotura de LCA por situaciones de aterrizaje, cambios de dirección y de salto. Extrapolando los resultados a deportes con mismos gestos técnicos, estaríamos hablando de multitud de deportes como tenis, fútbol, balonmano, voleibol, fútbol americano, lacrosse, bádminton, etc. Tanto en categorías amateur (como sería el caso), como en deportistas profesionales. Volviendo a lo ya comentado en la introducción, una lesión de LCA recurrente es motivo de abandono deportivo en muchos de los casos, truncando la carrera deportiva de muchos deportistas, así como potenciando situaciones emocionales de depresión por incapacidad deportiva. Así mismo, las intervenciones quirúrgicas de LCA se consideran un gasto muy elevado en la sanidad pública, un correcto trabajo preventivo continuado evitaría recaídas, reduciendo así los costes derivados de esta lesión deportiva.

Además aprovechando los datos obtenidos respecto a la valoración de puntuación pre, media y post (estadísticas baloncestísticas) se podría plantear si un entrenamiento combinado de este tipo mejora los gestos técnicos del baloncesto, haciendo al deportista más rápido, más explosivo, mejorando el ciclo estiramiento-acortamiento, con una mayor capacidad de salto o incluso mejorando su resistencia aeróbica.



### 7.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El estudio contará con la participación de un estadístico, los datos registrados durante las valoraciones por parte de los fisioterapeutas serán registrados en Excel, el estadístico pasará los datos de Excel al programa de SPSS Statistics de IBM Versión 26. Una vez realizado, analizará las diferentes variables. Como podemos ver en el apartado 6.3. referente a las variables de estudio, encontramos variables tanto cuantitativas como cualitativas, por lo que en la estadística descriptiva serán tratados de manera diferente.

En el estudio univariante, las variables serán analizadas mediante tablas de frecuencia, medidas de tendencia central (moda, media aritmética, mediana), medidas de posición (cuartiles y percentiles) y medidas de dispersión (amplitud, varianza, rango intercuartílico y desviación estándar). Las cuantitativas, es decir, las numéricas, se expresarán en forma de histogramas y las cualitativas, o no numéricas, en diagramas de barras o gráficos circulares. Para poner en relación las diferentes variables, y poder realizar un análisis comparativo (estudio bivalente), se utilizarán las técnicas de Chi-cuadrado, T-student, el coeficiente de correlación de Pearson (relación positiva, negativa o nula) y el Test ANOVA. Nos interesará comparar a qué edad, qué tipo de injerto, qué tipo de tendón, qué jugadora en función de su posición... ha tenido mayores mejorías y por lo tanto un menor riesgo de recidiva. Además de conocer si ha mejorado o empeorado su estadística, o si deberemos tener en cuenta el número de entrenamientos para llevar a cabo una futura intervención. Como vemos, son muchas las variables que podemos comprar, al tratarse de variables cuantitativas y cualitativas requieren de un rigor añadido a la hora de llevar a cabo este procedimiento.

Respecto a la inferencia estadística se tendrán en cuenta dos parámetros: el intervalo de confianza que estará fijado en un 95% (será el grado de certeza o probabilidad de que eso ocurra), y el error alfa (aquel que estamos dispuestos a asumir), que será un 0.05. Ambos parámetros son los escogidos como referencia de los ensayos clínicos generales, en este caso, los realizados en ciencias de la salud.

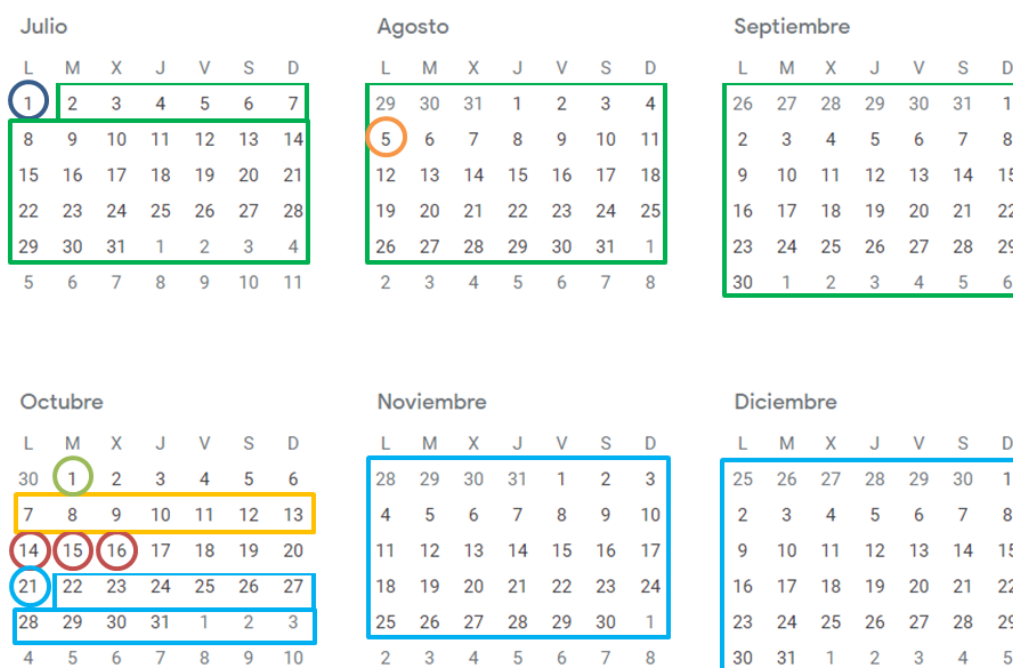


## 8. CALENDARIO PREVISTO

Como bien he comentado en el apartado 6. Metodología, la intervención está pensada para que tener una duración de 7 meses, sin embargo necesitaremos de unos meses previos para el cumplimiento de los temas organizativos y administrativos del estudio. Para ello utilizaré un cronograma que facilite la comprensión y organización del estudio:

- Envío del protocolo al Comité Ético de Investigación Científica para su aprobación. ○
- Búsqueda de recursos humanos, logísticos y materiales.
- Inicio pretemporada. ○
- Respuesta del Comité Ético de Investigación Científica. ○
- Realización de la muestra.
- Valoración inicial. ○
- Inicio primer bloque del protocolo individual (3 días/semana). ○
- Segunda valoración (valoración media). ○
- Inicio segundo bloque del protocolo individual (2 días/semana). ○
- Tercera valoración (valoración final). ○
- Análisis de datos y extracción de conclusiones del estudio.

2020



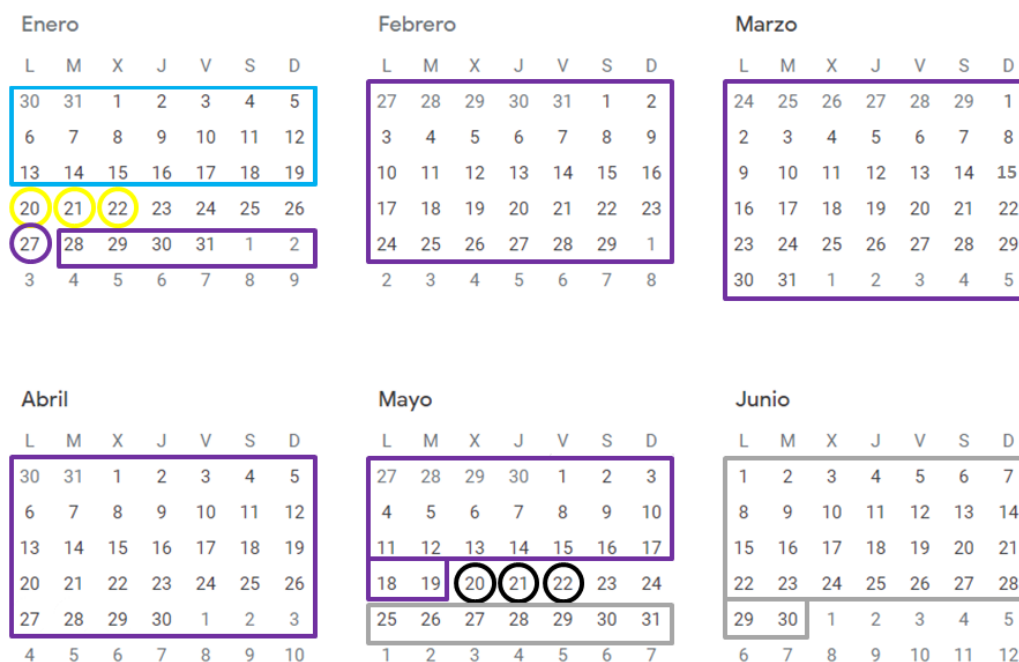


Figura 8 Calendario previsto para la intervención.

## 8.1. FASE PREVIA

Esta etapa tendrá una duración aproximada de 3 meses, el tiempo que habitualmente tarda el Comité Ético de Investigación Científica en aceptar o declinar una propuesta. Pese a encontrarnos en el verano de 2020, esperamos que este tiempo no se alargue, ya que eso condicionaría nuestra intervención. Mientras tanto iniciaremos la búsqueda de recursos humanos, logísticos y materiales. El material deportivo a utilizar es básico y casi podemos asegurar que los clubs implicados en el estudio dispondrán de él. Respecto a los recursos logísticos, será indispensable el uso de 3 salas para la rápida evaluación de las jugadoras los días dedicados para las 3 valoraciones (inicial, media y final). Para ello necesitaremos de 3 fisioterapeutas entrenados en la evaluación del DPT que detecten los ángulos de la rodilla y sepan identificar el riesgo de lesión. Además de un estadístico y varios voluntarios para las muestras y aleatorizaciones de las jugadoras.

Durante este tiempo el personal será formado, ya que será un hecho indispensable si queremos que las evaluaciones sean precisas y comprobar de este modo la efectividad del protocolo, además de garantizar la seguridad de las jugadoras durante las intervenciones. Durante estos meses previos el equipo realizará varias reuniones en las que se debatirán los posibles puntos de mejora y se aclararán todos los apartados de la investigación que no queden claros.



## **8.2. OBTENCIÓN DE LA MUESTRA, INTERVENCION Y RECOGIDA DE DATOS**

Estas fases son coincidentes y tienen lugar una vez comenzada la temporada 2020-2021. La duración total de la intervención es de 1 año, contando los 3 meses de fase previa y el último mes empleado de forma exclusiva para el análisis de los datos, por su parte el tiempo dedicado al protocolo es de 7 meses. Ya durante la temporada anterior la federación y los diferentes clubs participantes serán informados y se pedirá su colaboración, deberemos explicar que se trata de una intervención positiva para todos ellos, ya que en caso de que la hipótesis sea correcta se reducirán de forma sobresaliente las lesiones recurrentes de LCA. Antes del inicio del protocolo será el momento de obtener la muestra y realizar su aleatorización. Para ello se llevará a cabo el sistema escogido en el apartado 6.2. Sujetos de estudio.

Antes de la fecha pactada para el inicio del protocolo, se deberá realizar la evaluación de todas las jugadoras participantes. Además, en esta sesión inicial se explicará el protocolo de actuación a todas las jugadoras pertenecientes al grupo experimental, los ejercicios a realizar y la pauta de los mismos, todo esto lo encontramos en el apartado 6. Metodología.

Por último la recogida de datos se llevará a cabo los 3 últimos días de la intervención de forma que esta sea lo más próxima posible al desarrollo de protocolo. Recordar que la intervención está formada por 2 bloques, un primer bloque los meses noviembre, diciembre, enero con 3 sesiones semanales, con intervención al final denominada valoración intermedia, y un segundo bloque los meses febrero, marzo, abril y mayo con una valoración final. Ambos datos serán recogidos por los fisioterapeutas y enviados al estadístico para su análisis.

## **8.3. ANÁLISIS DE DATOS, RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

Esta será la fase final y se llevará a cabo durante todo el mes de Junio. Una vez que los fisioterapeutas tengan los datos de las 3 evaluaciones serán enviados al estadístico que realizará su análisis, mediante el uso de *Microsoft Excel* e *IBM SPSS Versión 26*. Tras el análisis estadístico, será el investigador principal el encargado de extraer los resultados y las conclusiones del estudio, será en este momento cuando se estimará la aplicabilidad de la intervención fisioterapéutica.



## 9. LIMITACIONES Y POSIBLES SESGOS

Como en cualquier proyecto de investigación, en el presente estudio se han de contemplar las limitaciones y posibles sesgos que puedan afectar a su validez<sup>(54)</sup>.

En primer lugar, identificamos la limitación de la gran variabilidad existente en cuanto al mecanismo lesional y al tipo de IQ realizada. La forma en la que un LCA se rompe determinará la IQ y la recuperación de la jugadora. Pese a que en nuestro estudio solo aceptamos jugadoras con afectación única de LCA la forma en la que este se ha roto, la IQ y la recuperación que ha llevado puede variar los resultados de la intervención, es el denominado sesgo de confusión.

Siguiendo la misma línea encontramos el segundo sesgo iría relacionada con la edad, de nuevo, sesgo de confusión, pese a que la franja de edad se ha realizado mediante bibliografía, en algunos caso puede que la edad biológica de la jugadora vaya adelantada o retrasada respecto a su edad cronológica. Esto podría dar lugar a diferencias considerables en los resultados de la investigación.

Como tercera limitación encontramos la imposibilidad de realizar un doble o triple ciego. Ante este hecho, se lleva a cabo un ciego por terceros. Así, tanto los participantes como el fisioterapeuta saben la distribución de los grupos. El grupo control lo pueden deducir por la ausencia de protocolo de intervención respecto a la información facilitada para la participación en el estudio. El experimental, dado que es el encargado de realizar la intervención, sabe perfectamente a qué colectivo pertenece, pues aplica la intervención propia del estudio. Las personas que no conocen la distribución de los grupos son los fisioterapeutas evaluadores, cuya responsabilidad es realizar las valoraciones iniciales, medias y finales, sin saber a qué colectivo pertenece cada uno de los pacientes. El investigador, por su parte, sí que conoce este dato, pues es quien realiza el muestreo y organiza a los participantes en un grupo u otro.

El cuarto sesgo puede deberse a la continuación de la actividad física específica en sus clubs, es el denominado sesgo por contaminación. Ya que en ningún momento de la intervención se pide a las jugadoras detener su entrenamiento habitual tanto el físico como el específico de pista. Puede ser que debido a estas interferencias, los resultados puedan verse influenciados. Además el protocolo a realizar por el grupo experimenta debe realizarse de forma autónoma 3 y 2 veces por semana en función del bloque de intervención, los resultados dependerán de forma total y absoluta del compromiso de las jugadoras. En caso de que no cumplan con el



plan establecido los resultados serán inexistentes. Esto se une a su vez al objetivo de impedir al máximo los abandonos durante la intervención, sesgo por pérdidas.

Por último estaría el sesgo de medición por parte de los fisioterapeutas en la evaluación del DJT, para ello será muy importante una buena formación e intentar que sea el mismo evaluador el que valore a las mimas jugadoras. Puede que la medición no sea exacta al 100% pero podemos asegurar que esta sea precisa.

Como vemos nos encontramos ante un estudio experimental, de forma general son los estudios más fiables a la hora de probar un tratamiento alternativo o novedoso, sin embargo, siempre estamos sujetos a diferentes sesgos que deberán estar controlados intentado que estos afecten lo menos posible a nuestra intervención.





## 10. PROBLEMAS ÉTICOS

La presente investigación es un estudio de ciencias de la salud con seres humanos que se respalda en ciertas medidas para garantizar los principios de la bioética. Los fundamentos éticos por los que se rige, se recogen en diferentes documentos, que son los siguientes:

- **Código de Núremberg** (1947): la investigación ha de ser voluntaria, con el fin de obtener resultados fructíferos y evitando el sufrimiento/daño innecesario, tomando precauciones y sin que el riesgo exceda del determinado<sup>(55)</sup>.
- **Informe de Belmont** (1979): establece criterios generales para justificar preceptos éticos y valoraciones de acciones humanas. Entre ellos destacan el respeto a las personas (todos los individuos han de ser tratados como autónomos), la beneficencia (tratarlas asegurando su bienestar) y la justicia (equidad en la distribución de los recursos)<sup>(56)</sup>.
- **Declaración de Helsinki de la Asamblea Médica Mundial** (2013): conforma la base de la normativa ética, defendiendo que el deber de la medicina es promover la salud, comprender las causas, evolución y efectos de las enfermedades y que su progreso se basa en la investigación que, en última instancia, se debe basar en estudios con seres humanos. En ella se abordan temas como los requisitos para los protocolos de investigación, los comités éticos, la privacidad y confidencialidad y el consentimiento informado<sup>(57)</sup>.

En lo referente a la regulación legal de la investigación biomédica en el territorio español, destacan los siguientes documentos<sup>(58)</sup>:

- **Ley 41/2002, del 14 de noviembre**: regula la autonomía del paciente y los derechos y obligaciones respecto a la información y documentación clínica.
- **Orden SCO/256/2007, del 5 de febrero**: establece principios y directrices de la buena práctica clínica.
- **Ley 14/2007, del 3 de julio**: responde a los retos que plantea el estudio biomédico para aprovechar sus resultados e impulsa la acción de los poderes, organismos e instituciones tanto públicos como privados dedicados a la investigación.

Los pacientes dispondrán de información y tendrán a su disposición todos los recursos necesarios en caso de duda. Los datos de cada paciente estarán bajo secreto profesional por lo que en ningún momento serán publicados.



## **11. ORGANIZACIÓN DEL ESTUDIO**

En este punto se describirá todo lo necesario para la correcta realización del ensayo clínico, tanto en lo relacionado con recursos humanos como en material e instalaciones. En primer lugar el equipo profesional estará formado por el investigador principal (fisioterapeuta), 3 fisioterapeutas que realizarán la función evaluativa del DJT, ayudados por 3 estudiantes de fisioterapia de la UdL y finalmente un bioestadístico que determinará las variables a estudiar.

El fisioterapeuta investigador principal será el encargado de redactar el proyecto, así como presentarlo ante el Comité Ético y los clubs involucrados en el estudio. Serán los propios entrenadores y miembros del club, mediante los criterios de inclusión y exclusión explicados previamente, los que determinarán las jugadoras aptas para participar en el ensayo clínico. Una vez realizada la muestra y la aleatorización se les entregará el consentimiento informado y se les explicará la intervención y resolverán las dudas en cuanto a los ejercicios propuestos u otras dudas existentes, el investigador facilitará un teléfono de contacto en el cual deberá estar disponible para las jugadoras o personas relacionadas con el estudio que lo necesiten. Además, tras el análisis de los resultados realizado por el bioestadístico, llevará a cabo las conclusiones y determinará la eficacia del protocolo propuesto.

Los fisioterapeutas evaluadores, junto con los 3 estudiantes voluntarios serán los encargados de realizar la valoración inicial y final a todas las jugadoras, y la media a las jugadoras del grupo experimental. Para ello contarán con 3 días dedicados exclusivamente a la toma de datos. Para mejorar la precisión de la valoración el mismo fisioterapeuta valorará a las mismas jugadoras.

Por ultimo estará el bioestadístico, que será el encargado de analizar todos los datos que le hagan llegar los evaluadores mediante Microsoft Excel. Mediante su criterio determinará las variables a analizar y enviará los resultados al investigador principal, para ello tendrá un tiempo aproximado de 15 días.

En cuanto a los espacios, en primer lugar será necesario contar con una sala de reuniones que permita a los miembros del equipo reunirse antes de la intervención, donde todos los aspectos del estudio queden claramente definidos y no haya ninguna duda, esta sala podría ser cualquiera de los seminarios pertenecientes a la Universitat de Infermeria i Fisioteràpia de la UdL. Posteriormente deberemos contar con un salón de actos en la cual dará la información a todos los participantes en el estudio, jugadoras, entrenadores, auxiliares del club... en esta reunión se entregarán los consentimientos informados y se resolverán las dudas respecto a los



ejercicios. Por ultimo será necesario contar con 3 salas separadas que permita la realización de las valoraciones de forma aislada. Todas las jugadoras, en principio, residen en Aragón, en su mayoría en la ciudad de Zaragoza, por ello vemos interesante hablar con el ayuntamiento de Zaragoza para que nos deje durante varias horas, algunas de las salas libres ubicadas en el Pabellón Siglo XXI de Zaragoza.

El último apartado va relacionado con el material, para la realización del estudio el material a utilizar es bastante simple y muy común en todos los clubs deportivos. Para la realización de las valoraciones será necesario contar con 3 cajones de 38.1cm de altura y 3 cámaras de grabación rápida con sus respectivos trípodes, los clubs participantes deberán tener gomas elásticas, pesas kettlebell, 2 bosus y un banco o step. En caso de no contar con ello deberán comunicarlo con la mayor brevedad posible al investigador principal para conseguir el material.



## 12. PRESUPUESTO

Para la realización de este apartado deberemos tener en cuenta tanto los recursos humanos, como materiales y electrónicos, además de las respectivas pólizas de seguro. Para facilitar su análisis se detalla todo lo necesario en la siguiente tabla:

**Tabla 12 Presupuesto estimado.**

	Coste/unidad	Unidad/es	Coste total
<b>Recursos humanos</b>			
Fisioterapeuta	1987.35€	3	5,962.05€
Bioestadístico	500.00€	1	500.00€
<b>Recursos materiales</b>			
Cajón DJ 38,1cm	50.00€	3	150.00€
Cámara Sony DSC-RX0	489.00€	3	1,467.00€
Trípode	39.96€	3	119.88€
Gomas elásticas (resistencia media)	12.95€	8	123.60€
Pesas kettlebell (8kg)	19.99€	4	79.96€
Bosu	159.95€	6	959.70 €
Consentimiento informado	0.25€	238	59.50€
Protocolo de ejercicios plastificado	1.50€	238	357.00€
<b>Recursos electrónicos</b>			
SPSS Versión 26 de IMB	95.53€	1	95.53€
<b>Pólizas de seguro</b>			
Personal sanitario	24.00€	4	96.00€
<b>TOTAL</b>			<b>9,970.22€</b>

Los materiales deportivos para la realización de los ejercicios propuestos en el protocolo no serían necesarios en un inicio, sin embargo me ha parecido interesante añadir unos cuantos al presupuesto para, en caso de ser necesaria su compra el presupuesto no se viera fuertemente encarecido.

Como vemos el coste del estudio es bastante elevado, sin embargo, cabría la posibilidad de que el director del proyecto enviara la documentación necesaria al Colegio de Fisioterapeutas de Cataluña solicitando las becas y ayudas a la investigación. De este modo el coste total podría verse reducido significativamente en caso de poder contar con la adjudicación de alguna de las becas de ayuda a la investigación.



### 13. BIBLIOGRAFÍA

1. Kester BS, Behery OA, Minhas S V., Hsu WK. Athletic performance and career longevity following anterior cruciate ligament reconstruction in the National Basketball Association. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc* [Internet]. 2017 Oct 12;25(10):3031–7. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00167-016-4060-y>
2. Namdari S, Scott K, Milby A, Baldwin K, Lee G-C. Athletic Performance after ACL Reconstruction in the Women's National Basketball Association. *Phys Sportsmed* [Internet]. 2011 Feb 13;39(1):36–41. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3810/psm.2011.02.1860>
3. Sutton KM, Bullock JM. Anterior cruciate ligament rupture: Differences between males and females. *J Am Acad Orthop Surg*. 2013;21(1):41–50.
4. Wiggins AJ, Grandhi RK, Schneider DK, Stanfield D, Webster KE, Myer GD. Risk of Secondary Injury in Younger Athletes after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med*. 2016;44(7):1861–76.
5. Petersen W, Tillmann B. Structure and vascularization of the cruciate ligaments of the human knee joint. *Anat Embryol (Berl)* [Internet]. 1999 Jul 20;200(3):325–34. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s004290050283>
6. Strocchi R, de Pasquale V, Gubellini P, Facchini A, Marcacci M, Buda R, et al. The human anterior cruciate ligament: histological and ultrastructural observations. *J Anat* [Internet]. 1992;180 ( Pt 3):515–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1487443>  
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC1259652>
7. Duthon VB, Barea C, Abrassart S, Fasel JH, Fritschy D, Ménétrety J. Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2006;14(3):204–13.
8. Zantop T, Petersen W, Sekiya JK, Musahl V, Fu FH. Anterior cruciate ligament anatomy and function relating to anatomical reconstruction. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc* [Internet]. 2006 Sep 29;14(10):982–92. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00167-006-0076-z>
9. Bicer EK, Lustig S, Servien E, Selmi TAS, Neyret P. Current knowledge in the anatomy of the human anterior cruciate ligament. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2010;18(8):1075–84.
10. Friederich NF, O'Brien WR. Functional Anatomy of the Cruciate Ligaments. In: *The Knee and the Cruciate Ligaments* [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 1992. p. 78–91. Available from: [http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-84463-8\\_6](http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-84463-8_6)
11. Amis A, Dawkins G. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament. Fibre bundle actions related to ligament replacements and injuries. *J Bone Joint Surg Br* [Internet]. 1991 Mar;73-B(2):260–7. Available from: <http://online.boneandjoint.org.uk/doi/10.1302/0301-620X.73B2.2005151>
12. Kraeutler MJ, Wolsky RM, Vidal AF, Bravman JT. Anatomy and biomechanics of the native and reconstructed anterior cruciate ligament: Surgical implications. *J Bone Jt Surg - Am Vol*. 2017;99(5):438–45.
13. Gans I, Retzky JS, Jones LC, Tanaka MJ. Epidemiology of Recurrent Anterior Cruciate Ligament



- Injuries in National Collegiate Athletic Association Sports: The Injury Surveillance Program, 2004-2014. *Orthop J Sport Med*. 2018;6(6):1-7.
14. Álvarez DR, Gómez DG, Pachano Contreras DA. Actualización Bibliográfica del Mecanismo de Lesión sin Contacto del LCA - Asociación Argentina de Traumatología del Deporte. *Rev la Asoc Argentina Traumatol del Deporte* [Internet]. 2018;25(1). Available from: <https://g-se.com/actualizacion-bibliografica-del-mecanismo-de-lesion-sin-contacto-del-lca-2493-sa-25c5c8cd7ae1f1>
  15. Stuelcken MC, Mellifont DB, Gorman AD, Sayers MGL. Mechanisms of anterior cruciate ligament injuries in elite women's netball: a systematic video analysis. *J Sports Sci* [Internet]. 2016 Aug 17;34(16):1516-22. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02640414.2015.1121285>
  16. Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, Holme I, Bahr R. Relationship between floor type and risk of ACL injury in team handball. *Scand J Med Sci Sport* [Internet]. 2003 Oct;13(5):299-304. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1034/j.1600-0838.2003.00329.x>
  17. Tarawneh I, AL-Ajoulin O, Alkhawaldah A. Normal Values of Quadriceps Angle and Its Correlation with Anthropometric Measures in a Group of Jordanians. *J R Med Serv* [Internet]. 2016;23(2):53-8. Available from: <http://platform.almanhal.com/CrossRef/Preview/?ID=2-87914>
  18. Timothy W. Hughley, Aram Yoon, Joyce Johnson, Kevin R. Ford, Gregory D. Myer. Comparison of knee valgus motion in African American male and female collegiate athletes. *IJASS(International J Appl Sport Sci*. 2019;31(1):43-51.
  19. Hohmann E, Bryant A, Reaburn P, Tetsworth K. Is there a correlation between posterior tibial slope and non-contact anterior cruciate ligament injuries? *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc* [Internet]. 2011 Dec 24;19(S1):109-14. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00167-011-1547-4>
  20. Terauchi M, Hatayama K, Yanagisawa S, Saito K, Takagishi K. Sagittal Alignment of the Knee and Its Relationship to Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Am J Sports Med* [Internet]. 2011 May;39(5):1090-4. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0363546510393305>
  21. Zazulak BT, Paterno M, Myer GD, Romani WA, Hewett TE. The Effects of the Menstrual Cycle on Anterior Knee Laxity. *Sport Med* [Internet]. 2006;36(10):847-62. Available from: <http://link.springer.com/10.2165/00007256-200636100-00004>
  22. Beynnon BD, Johnson RJ, Braun S, Sargent M, Bernstein IM, Skelly JM, et al. The Relationship between Menstrual Cycle Phase and Anterior Cruciate Ligament Injury. *Am J Sports Med* [Internet]. 2006 May 30;34(5):757-64. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0363546505282624>
  23. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS, Colosimo AJ, McLean SG, et al. Biomechanical Measures of Neuromuscular Control and Valgus Loading of the Knee Predict Anterior Cruciate Ligament Injury Risk in Female Athletes: A Prospective Study. *Am J Sports Med* [Internet]. 2005 Apr 30;33(4):492-501. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0363546504269591>
  24. Flood L, Harrison JE. Epidemiology of basketball and netball injuries that resulted in hospital admission in Australia, 2000-2004. *Med J Aust*. 2009;190(2):87-90.



25. Andreoli CV, Chiaramonti BC, Buriel E, Pochini ADC, Ejnisman B, Cohen M. Epidemiology of sports injuries in basketball: Integrative systematic review. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2018;4(1).
26. Roe M, Delahunt E, Murphy J, Gissane C, Blake C. P42 A 9-year prospective study of ankle sprains in elite gaelic football. In: Posters presentations [Internet]. BMJ Publishing Group Ltd and British Association of Sport and Exercise Medicine; 2017. p. A29.1-A29. Available from: <http://bjsm.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bjsports-2017-anklesymp.74>
27. Waldén M, Hägglund M, Magnusson H, Ekstrand J. ACL injuries in men's professional football: A 15-year prospective study on time trends and return-to-play rates reveals only 65% of players still play at the top level 3 years after ACL rupture. *Br J Sports Med*. 2016;50(12):744–50.
28. Johnson DH. Editorial Commentary: A Revisit of an Old Clinical Dilemma—To Operate or Not to Operate on Acute Knee Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Arthrosc - J Arthrosc Relat Surg* [Internet]. 2018;34(2):603–4. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2017.09.018>
29. Monk A, Davies L, Hopewell S, Harris K, Beard D, Price A. Surgical versus conservative interventions for treating anterior cruciate ligament injuries (Review). *Cochrane Database Syst Rev*. 2016;(4):CD011166.
30. Claes S, Verdonk P, Forsyth R, Bellemans J. The “ligamentization” process in anterior cruciate ligament reconstruction: What happens to the human graft? A systematic review of the literature. *Am J Sports Med*. 2011;39(11):2476–83.
31. Falconiero R, DiStefano V, Cook T. Revascularization and ligamentization of autogenous anterior cruciate ligament grafts in humans. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg* [Internet]. 1998 Mar;14(2):197–205. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0749806398700416>
32. Rougraff B, Shelbourne KD, Gerth PK, Warner J. Arthroscopic and histologic analysis of human patellar tendon autografts used for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* [Internet]. 1993 Mar 23;21(2):277–84. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/036354659302100219>
33. Abe S, Kurosaka M, Iguchi T, Yoshiya S, Hirohata K. Light and electron microscopic study of remodeling and maturation process in autogenous graft for anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg* [Internet]. 1993 Aug;9(4):394–405. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0749806305803135>
34. Sánchez M, Anitua E, Azofra J, Prado R, Muruzabal F, Andia I. Ligamentization of Tendon Grafts Treated With an Endogenous Preparation Rich in Growth Factors: Gross Morphology and Histology. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg* [Internet]. 2010 Apr;26(4):470–80. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0749806309007786>
35. Kaeding CC, Pedroza AD, Reinke EK, Huston LJ, Spindler KP. Risk factors and predictors of subsequent ACL injury in either knee after ACL reconstruction: Prospective analysis of 2488 primary ACL reconstructions from the MOON cohort. *Am J Sports Med*. 2015;43(7):1583–90.
36. Hewett TE. ACL Prevention Programs: Fact or Fiction? Johnson DL, editor. *Orthopedics* [Internet]. 2010 Jan 1;33(1):36–9. Available from: <http://www.healio.com/doiresolver?doi=10.3928/01477447-20091124-19>
37. Fort Vanmeerhaeghe A, Romero Rodriguez D. Rol del sistema sensoriomotor en la estabilidad





- articular durante las actividades deportivas. *Apunt Med l'Esport*. 2013;48(178):69–76.
38. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Paterno M V., Quatman CE. Mechanisms, prediction, and prevention of ACL injuries: Cut risk with three sharpened and validated tools. *J Orthop Res* [Internet]. 2016 Nov;34(11):1843–55. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/jor.23414>
  39. Willadsen EM, Zahn AB, Durall CJ. What Is the Most Effective Training Approach for Preventing Noncontact ACL Injuries in High School – Aged Female Athletes ? Summary of Best Evidence. 2019;94–8.
  40. Sadoghi P, von Keudell A, Vavken P. Effectiveness of Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Training Programs. *J Bone Jt Surgery-American Vol* [Internet]. 2012 May;94(9):769–76. Available from: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00004623-201205020-00001>
  41. Güemes-Hidalgo M, Ceñal González-Fierro M, Hidalgo Vicario M. Pubertad y adolescencia. *Adolescere Rev Form Contin la Soc Española Med la Adolesc*. 2017;5(1):7–22.
  42. Olmos Martínez JM, Martínez García J, González Macías J. Envejecimiento músculo esquelético. *Rev Esp Enfermedades Metab Oseas* [Internet]. 2007;16(1):1–7. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S1132-8460\(07\)73495-5](http://dx.doi.org/10.1016/S1132-8460(07)73495-5)
  43. McCarthy MM, Hannafin JA. The Mature Athlete: Aging Tendon and Ligament. *Sports Health*. 2014;6(1):41–8.
  44. González López LE, Serrano Salazar AM, Morales Montenegro LM, Orlando Granados J. Análisis documental de las competencias profesionales del fisioterapeuta deportivo. *Rev Colomb Medicina Física y Rehabil*. 2017;27(1):16–24.
  45. Muñoz Poblete C. Métodos mixtos: una aproximación a sus ventajas y limitaciones en la investigación de sistemas y servicios de salud. *Rev Chil Salud Pública*. 2013;17(3):218.
  46. Laporte JR. Principios básicos de la investigación clínica. 1ª. Astrazeneca; 2001.
  47. Consejo Superior de Deportes. Estadística de deporte federado. Estadística Deport Fed 2017 [Internet]. 2017;1:19–20. Available from: <http://www.culturaydeporte.gob.es/dam/jcr:6b7e9a1a-e3e5-4b45-8ae5-6f187b50235f/nota-resumen-estadistica-deporte-federado-2018.pdf>
  48. Luis P. Población Muestra Y Muestreo. *Punto Cero*. 2004;09(08):69–74.
  49. García-García JA, Reding-Bernal A, López-Alvarenga JC. Cálculo del tamaño de la muestra en investigación en educación médica. *Investig en Educ Médica* [Internet]. 2013 Oct;2(8):217–24. Available from: <http://riem.facmed.unam.mx/node/132>
  50. García García JA, Reding Bernal A, López Alvarenga JC. Cálculo del tamaño de la muestra en investigación en educación médica. *Investig en Educ médica* [Internet]. 2013;2(8):217–24. Available from: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-50572013000400007&script=sci\\_abstract&lng=en](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-50572013000400007&script=sci_abstract&lng=en)
  51. Silva Ayçaguer LC. Diseño razonado de muestras y captación de datos para la investigación sanitaria. 1st ed. Ediciones Díaz de Santos S., editor. Madrid: Díaz de Santos; 2000. 356 p.
  52. Wilson JM, Marin PJ, Rhea MR, Wilson SMC, Loenneke JP, Anderson JC. Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *J Strength Cond Res*





- [Internet]. 2012 Aug;26(8):2293–307. Available from: <http://journals.lww.com/00124278-201208000-00035>
53. Noyes FR, Barber-Westin SD, Fleckenstein C, Walsh C, West J. The drop-jump screening test: Difference in lower limb control by gender and effect of neuromuscular training in female athletes. *Am J Sports Med.* 2005;33(2):197–207.
  54. Manterola C, Otzen T. Sesgos en diseños analíticos. *Research Bias in Analytical Studies. Int J Morphol.* 2004;33(3):1156–64.
  55. Arroyo Arellano F. Código de Nuremberg: un hito en la ética de la investigación médica. *Rev Fac Ciencias Médicas.* 1999;24(1):5–31.
  56. Comisión Nacional para la Protección de Sujetos Humanos de Investigación Biomédica y de Comportamiento. Informe Belmont: Principios éticos y directrices para la protección de sujetos humanos de investigación. *J Chem Inf Model.* 2013;53(9):1689–99.
  57. General Assembly of the World Medical Association. World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *J Am Coll Dent* [Internet]. 2014;81(3):14–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25951678>
  58. Galende Domínguez E. Ética de la investigación clínica. *Ars Médica Barcelona.* 2003;189–205.



## 14. ANEXOS

### I – CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, D/Dña. \_\_\_\_\_, mayor de edad, con D.N.I. \_\_\_\_\_, he leído y acepto las condiciones y, por lo tanto, accedo a participar de manera voluntaria en el estudio *Protocolo de prevención secundaria para la reducción de la incidencia de lesiones recurrentes de ligamento Cruzado Anterior en jugadoras de baloncesto*, a cargo del investigador Pablo Alejos Albesa (fisioterapeuta). He sido informado por personal de la investigación, he comprendido todos los datos y condiciones, entiendo los beneficios y posibles riesgos del presente estudio y conozco mi derecho de abandonarlo voluntariamente.

Declaro no padecer ninguno de los criterios de exclusión y, mediante la siguiente firma, consiento que se me aplique el tratamiento en cuestión.

Firmado:

Lleida, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2020